

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Marko Šimić

Zagreb, 2018. godina

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Bojan Jerbić, dipl. ing.

Student:

Marko Šimić

Zagreb, 2018. godina

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Bojanu Jerbiću na pruženoj prilici za rad u ovom zanimljivom području koje se na svakodnevnoj bazi koristi u industrijskoj praksi.

Želio bih zahvaliti i gospodinu Andreju Žaberlu iz regionalnog ureda Fanuc Adria d.o.o. na brzom odgovoru i djelovanju u vidu slanja probne verzije Roboguide programskog alata.

Hvala laborantima Luki, Draženu i Mati na povremenoj pomoći s praktičnim savjetima.

Hvala prijateljima Patriku Krčeliću i Paulu Eržišniku na korisnim uputama oko programiranja.

Hvala kolegama Mislavu Matezoviću, Bruni Dobriću, Karlu Šebalju i kolegici Morani Pavičić na uvijek dobroj (radnoj) atmosferi, bez njih bi izrada ovog rada bila znatno zahtjevnija.

I na kraju, najveće hvala mojoj obitelji koja me oduvijek podržavala i poticala prema naprijed.

Marko Šimić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Marko Šimić** Mat. br.: 0035197773

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **ALGORITAM ZA ROBOTSKU PALETIZACIJU PREDMETA RAZLIČITIH OBLIKA**

Naslov rada na engleskom jeziku: **ALGORITHM FOR THE ROBOT PALLETIZATION OF DIFFERENT SHAPE OBJECTS**

Opis zadatka:

U radu je potrebno razviti algoritam za autonomnu robotsku paletizaciju predmeta rada različitih dimenzija i oblika. Pretpostavlja se da robot koristi vizijski sustav za prepoznavanje geometrije predmeta rada i stanja objekata na paleti. Algoritam mora omogućiti procjenu najpovoljnije strategije slaganja, odnosno odlaganja trenutnog predmeta s obzirom na postojeće stanje na paleti. Ispitati mogućnosti primjene razvijenog algoritma na različitim upravljačkim razinama, odnosno na robotskom upravljačkom sustavu u programskom jeziku robota, zatim na programabilnom logičkom sklopu (PLC-u) ili na PC računalu.

Razvijenu primjenu provjeriti koristeći opremu dostupnu u Laboratoriju za projektiranje izradbenih i montažnih sustava.

Zadatak zadan:

30. studenog 2017.

Rok predaje rada:

1. rok: 23. veljače 2018.

2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2018.

3. rok: 21. rujna 2018.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 26.2. - 2.3. 2018.

2. rok (izvanredni): 2.7. 2018.

3. rok: 24.9. - 28.9. 2018.

Zadatak zadao:

prof. dr. sc. Bojan Jerbić

Predsjednik Povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	III
SAŽETAK.....	IV
SUMMARY	V
1. UVOD.....	1
1.1. Razvoj paletizacije	1
1.2. Opis problema	2
2. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE ROBOTA I PRIPADNE OPREME	3
2.1. Tehničke karakteristike robota Fanuc M-10iA	3
2.2. Upravljačka jedinica R-30iA	5
2.3. Načini programiranja robota Fanuc M-10iA	5
2.3.1. Izravni način programiranja pomoću privjeska za učenje	5
2.3.2. Neizravni način programiranja pomoću programskog alata ROBOGUIDE HandlingPRO	8
3. PRIPREMA RADNOG PROSTORA I KALIBRACIJA KOMPONENTI ROBOTA.....	9
3.1. Kalibracija korisničkog alata	9
3.2. Kalibracija korisničke ravnine	10
3.3. Kalibracija kamere	12
3.3.1. Korištena kamera	12
3.3.2. Programski alat iRVision	13
3.3.3. Postupak kalibriranja kamere.....	14
4. VIZIJSKI PROCES	16
4.1. Alat prepoznavanja geometrijskih uzoraka.....	17
4.2. Alat za lociranje rubova	19
4.3. Mjerni alat	21
5. RAZRADA PALETIZACIJSKOG ALGORITMA	22
5.1. Vizijski proces.....	23
5.2. Rješavanje 1D – problema	24
5.3. Rješavanje 2D – problema	25
5.4. Rješavanje 2.5D – problema	25
5.4.1. Promjena strategije slaganja predmeta na paletu	26
5.4.2. Uvođenje međuprostora za privremeno odlaganje predmeta.....	27
5.5. Kraj procesa paletizacije	28
5.6. Dijagram toka razrađenog algoritma.....	30
6. ZAKLJUČAK.....	32
LITERATURA.....	33
PRILOZI.....	34

POPIS SLIKA

Slika 1	Dimenzije Euro-palete.....	1
Slika 2	Robot Fanuc M-10iA	3
Slika 3	Radni opseg robota.....	4
Slika 4	Upravljačka jedinica R-30iA.....	5
Slika 5	Privjesak za učenje	6
Slika 6	Programski alat Roboguide HandlingPro.....	8
Slika 7	Kalibracija korisničkog alata.....	9
Slika 8	Kalibracija korisničkog alata metodom tri točke	10
Slika 9	Kalibracija korisničke ravnine.....	11
Slika 10	Podloga za kalibraciju vizijskog sustava.....	12
Slika 11	PS-kamera modela Fanuc A05B-1405-H036.....	12
Slika 12	programski alat iRVision.....	13
Slika 13	Kalibracija kamere	14
Slika 14	Kalibracija vizijskog sustava.....	14
Slika 15	Izbornik učenja dvodimenzionalnog vizijskog procesa	16
Slika 16	Izbornik alata za prepoznavanje geometrijskih uzoraka	17
Slika 17	Izbornik vizijskih alata	18
Slika 18	Skup korištenih predmeta.....	19
Slika 19	Alat za lociranje rubova	20
Slika 20	Prikaz prepoznatih dimenzija predmeta	20
Slika 21	Mjerni alat	21
Slika 22	Prepoznate vrijednosti dimenzija predmeta	21
Slika 23	Prikaz primjene heurističkog algoritma	22
Slika 24	Prijenos prvog predmeta prema paleti.....	23
Slika 25	Rješavanje 1D - problema	24
Slika 26	Rješavanje 2D - problema	25
Slika 27	Promjena strategije slaganja predmeta	26
Slika 28	Rješavanje 3D - problema	26
Slika 29	Prikaz palete te dijagonalno postavljenog međuprostora	27
Slika 30	Prikaz međuprostora za odlaganje predmeta iz perspektive robotske kamere	27
Slika 31	Kraj procesa paletizacije	28
Slika 32	Potpuno složena paleta	29

POPIS TABLICA

Tablica 1	Tehničke karakteristike robota	4
-----------	--------------------------------------	---

SAŽETAK

U ovom radu razvijen je heuristički tip algoritma za autonomnu robotsku paletizaciju predmeta rada različitih dimenzija. Svi predmeti rada istih su visina te dolaze u radni prostor robota pojedinačno jedan za drugim. Robot Fanuc M-10iA svojim vizijskim sustavom prepoznaje geometrije predmeta te prema postojećem stanju na paleti donosi procjenu najpovoljnijeg mjesta odlaganja trenutnog predmeta na paletu ili na međuprostor za odlaganje nepovoljnih predmeta. Algoritam je razvijen na računalu uz pomoć programskog alata Roboguide HandlingPro nakon čega je izvezen na robota i pokrenut preko njegovog privjeska za učenje.

Ključne riječi: Fanuc, iRVision, heuristički algoritam, robotska paletizacija, predmeti različitih oblika

SUMMARY

This paper presents the development of a heuristic algorithm for the autonomous robotic palletization of work objects of different dimensions. All work objects are of the same height and arrive to the robot's workspace individually one by one. The robot Fanuc M-10iA recognizes the geometry of the current work object through his vision system and provides an estimate of the best place to dispose it according to the existing pallet state. In case of the arrival of an unfavorable object it is going to be disposed to a buffer area. The algorithm was developed with the help of the Roboguide HandlingPro programming tool, after which it was exported to the robot and launched over its teach pendant.

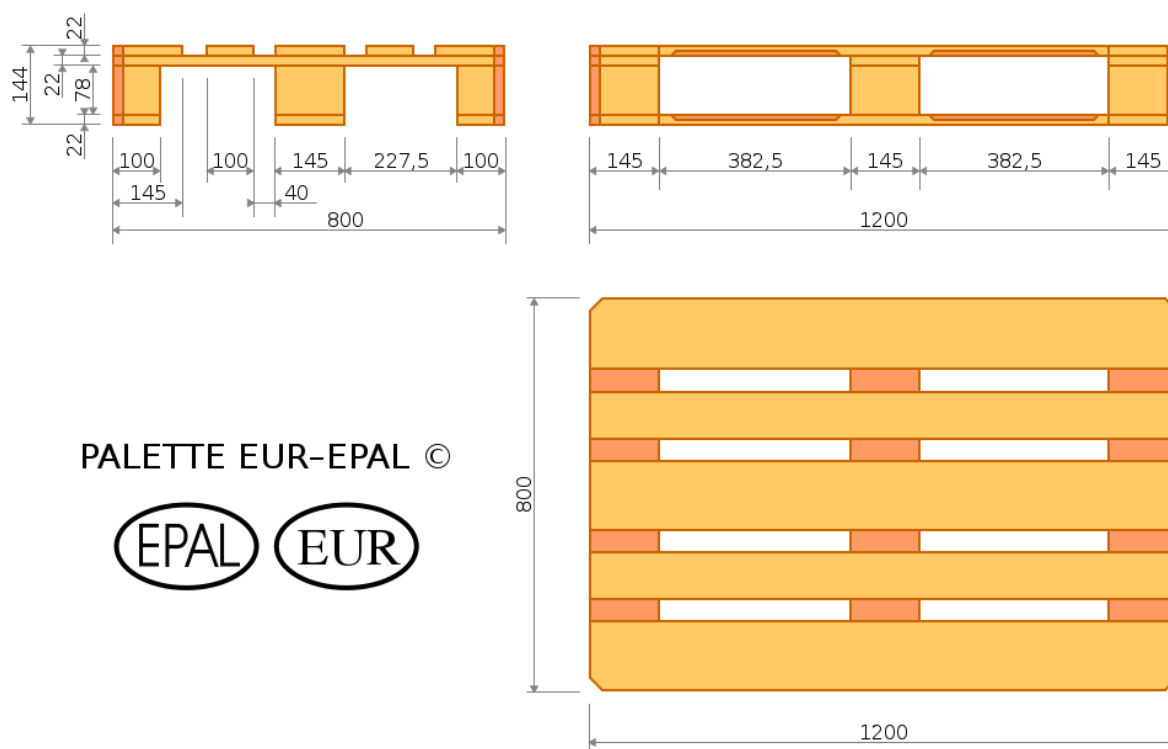
Key words: Fanuc, iRVision, heuristic algorithm, robot palletization, various shaped objects

1. UVOD

1.1. Razvoj paletizacije

Već u starim zapisima antičkog Egipta spominje se izrada prvih primitivnih oblika paleta koje su se koristile za lakši prijenos materijala za potrebe izgradnje drevnih piramida. S vremenom je njihova upotreba postajala sve učestalija, a pravi procvat doživjela je u prvoj polovici 20. stoljeća kao posljedica sve većeg utjecaja industrijalizacije. Značajna je također i pojava prvih viličara te nažalost i naglo rastuća potreba za prijevozom materijala za izradu oružja prije i tijekom dvaju Svjetskih ratova.

I dan danas palete su zadržale sličnost svog izvornog oblika i jednostavnost nabave korištenih materijala za njihovu izradu. Pri tome je najpoznatija „Euro-paleta“ (EUR, EUR 1) čija drvena konstrukcija sa svojom masom od 20 – 24 kg izdržava nosivost od čak 1500 kg te je dimenzijski vrlo povoljno oblikovana (1200×800×144 mm) za prolazak kroz uske prolaze prilikom istovara robe. Uz europske palete, u standardne se ubrajaju sjevernoameričke, azijske i australske. Na narednoj slici prikazana je standardna „Euro-paleta“ s pripadajućim dimenzijama izraženim u milimetrima.



Slika 1 Dimenzije Euro-paleta

Iz gore navedenog lako se može zaključiti kako čovjek kroz povijest teži olakšavanju fizičkih poslova upotrebom različitih pomagala: antički Egipćani koji su palete vukli preko polegnutih stabala, zatim uvođenje prvih oblika viličara prije stotinjak godina te naposljetku, u današnje vrijeme sve češća robotska automatizacija za slaganje predmeta ili materijala na palete, tzv. paletizacija.

U nastavku ovoga rada bit će detaljnije opisan konkretni način provedbe robotske paletizacije uz korištenje samostalno razrađenog paletizacijskog algoritma.

1.2. Opis problema

U ovome radu potrebno je razviti algoritam kojim će se uz pomoć robota tvrtke Fanuc pravokutni predmeti različitih dimenzija naslagivati na paletu uzimajući u obzir trenutno stanje slobodnog prostora na njoj. Cilj rada je postići najveću moguću popunjenost palete ujedno zadovoljavajući njene dimenzijske uvjete te uvjet sprječavanja međusobnog preklapanja predmeta koji se odlažu na paletu.

U slučaju naslagivanja predmeta u jednoj ravnini govorilo bi se o 2D problemu, a u slučaju paletizacije pri slaganju predmeta raznovrsnih dimenzija u više slojeva radi se o 3D problemu. No s obzirom na činjenicu da će se u ovome radu koristiti isključivo predmeti jednakih visina koji će biti raspoređeni u više slojeva, govori se o takozvanom „2.5D“ problemu.

2. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE ROBOTA I PRIPADNE OPREME

2.1. Tehničke karakteristike robota Fanuc M-10iA

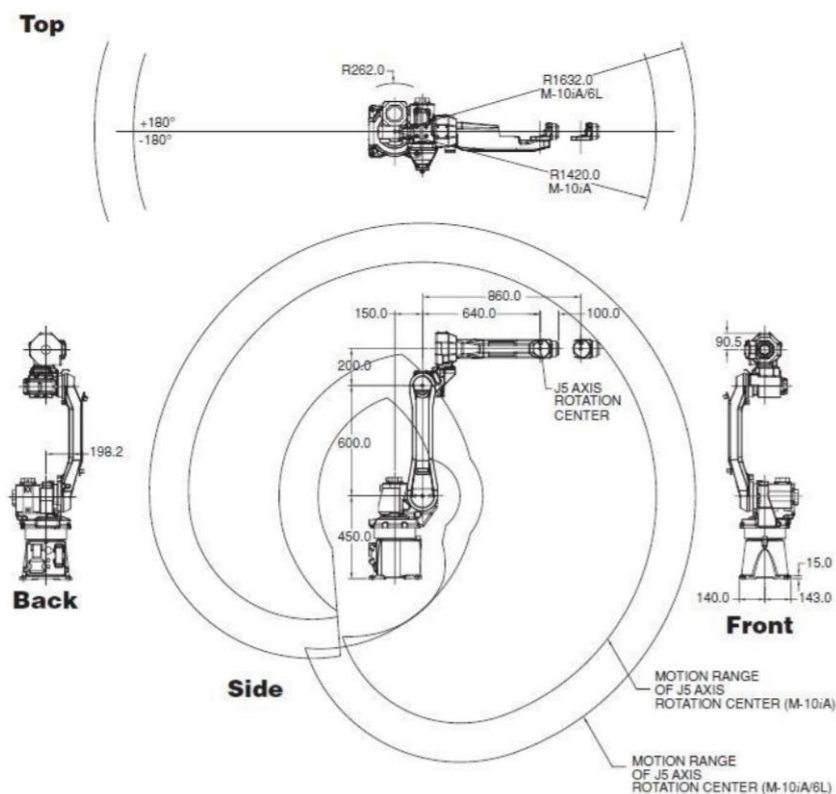
Robot Fanuc M-10iA po svojim karakteristikama idealan je za industrijsku upotrebu:

- 1) Njegovim dimenzijama ostvaren je radni doseg od 1420 mm čime uz šest stupnjeva slobode gibanja bez poteškoća može služiti premještanju predmeta na širokom prostoru.
- 2) Nosivost od 10 kg dovoljna je za većinu operacija predviđenih u industrijskom okruženju.
- 3) Moguće ga je pričvrstiti u bilo kojem položaju čime se značajno može uštedjeti na prostoru, što je naročito bitno ukoliko je u upotrebi veći broj robota koji se radi što veće efikasnosti međusobne suradnje moraju nalaziti unutar istog proizvodnog objekta.
- 4) Od negativnih strana potrebno je spomenuti kako je točnost ponavljanja u iznosu od $\pm 0,08$ mm kod ovog modela robota tvrtke Fanuc oslabljena u odnosu na neke druge inačice Fanuc-ovih robota (primjerice Fanuc LR Mate 200iC/5L koji se također nalazi u laboratoriju fakulteta) kao posljedica njegovih povećanih dimenzija.



Slika 2 Robot Fanuc M-10iA

U nastavku slikom 3 dan je prikaz ranije spomenutog radnog opsega robota Fanuc M-10iA te tablica 1 s preciziranim karakteristikama robota korištenog za izradu ovog rada.



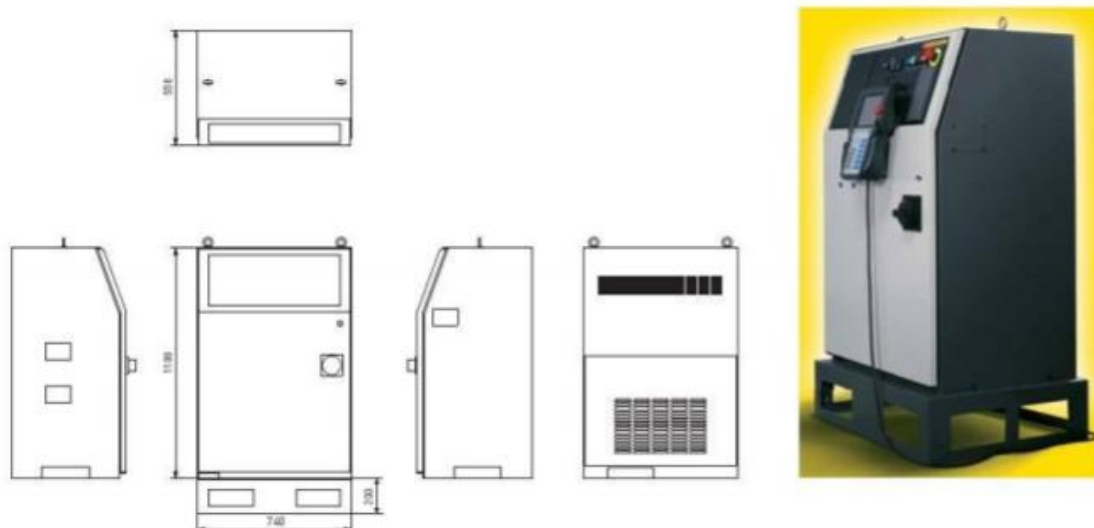
Slika 3 Radni opseg robota

Tablica 1 Tehničke karakteristike robota

Broj osi		6
Težina		130 kg
Doseg		1420 mm
Točnost ponavljanja		± 0.08 mm
Maksimalna nosivost na zglobo		10 kg
Opseg gibanja	J1	340° (5,93 rad)
	J2	250° (4,36 rad)
	J3	445° (7,76 rad)
	J4	380° (6,63 rad)
	J5	380° (6,63 rad)
	J6	720° (12,57 rad)
Maksimalna brzina	J1	210°/s (3,67 rad/s)
	J2	190°/s (3,32 rad/s)
	J3	210°/s (3,67 rad/s)
	J4	400°/s (6,98 rad/s)
	J5	400°/s (6,98 rad/s)
	J6	600°/s (10,47 rad/s)

2.2. Upravljačka jedinica R-30iA

Svaki Fanuc-ov robot ima vlastitu upravljačku jedinicu, konkretno ovdje korišteni robot Fanuc M-10iA ne bi bio u mogućnosti pokretati se bez njegove upravljačke jedinice R-30iA koja uz brzi operativni sustav pruža i mogućnost nadogradnje raznovrsnih programskih paketa koji se po potrebi mogu nabaviti ovisno o složenosti radnih zadataka koji se robotom moraju izvesti.



Slika 4 Upravljačka jedinica R-30iA

2.3. Načini programiranja robota Fanuc M-10iA

Fanuc-ovi roboti mogu se programirati na dva načina:

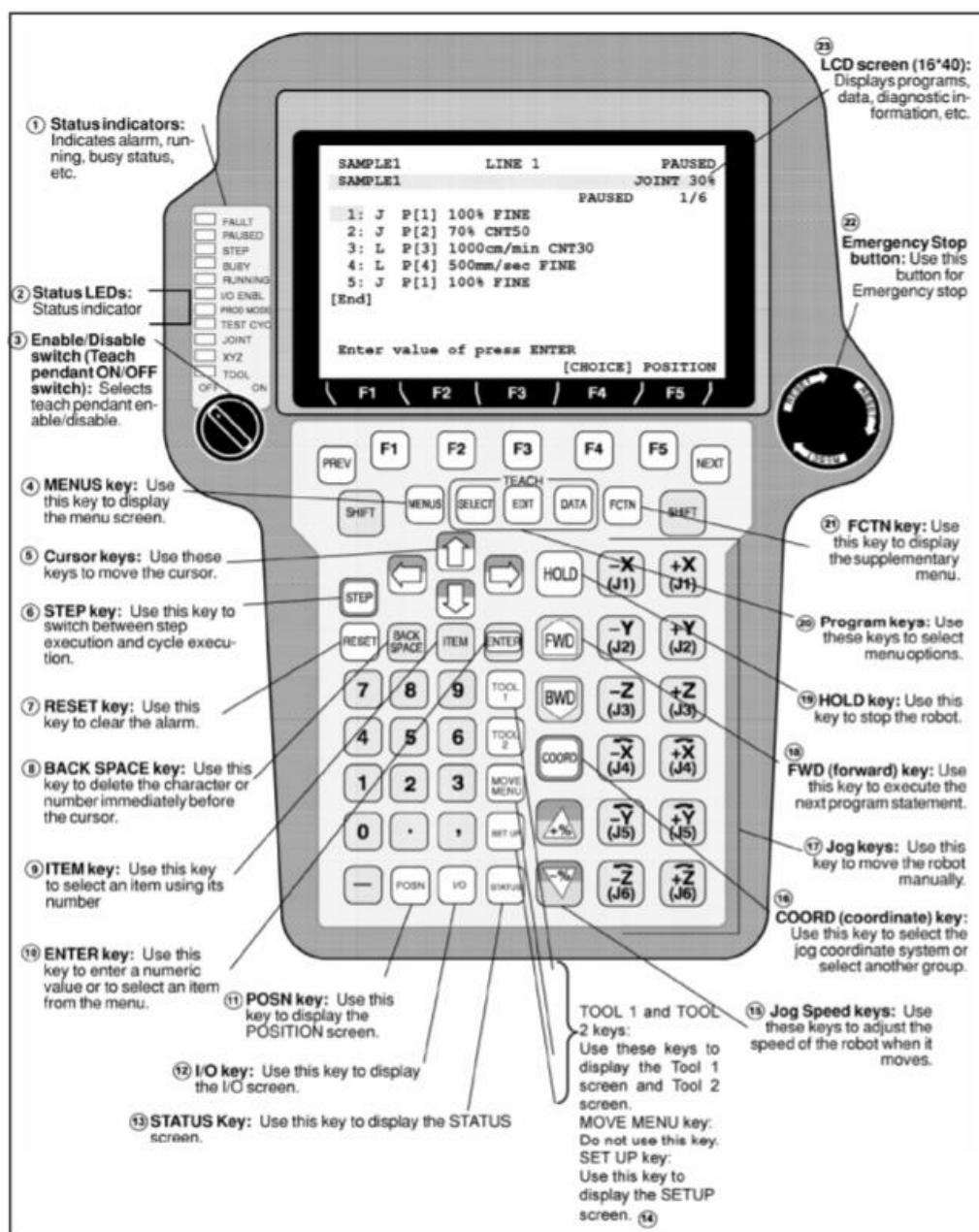
- 1) Izravno na njihovim privjescima za učenje.
- 2) Neizravno na računalu pomoću programskog alata ROBOGUIDE HandlingPRO.

2.3.1. Izravni način programiranja pomoću privjeska za učenje

Uz upravljačku jedinicu neizostavan element robotskog postava je njegov privjesak za učenje pomoću kojeg je moguće izravno programirati robota. Privjesak za učenje je izrazito moćan alat koji ima gotovo sve mogućnosti programiranja na računalu, no njegov nedostatak predstavlja činjenica da tijekom programiranja nije moguć istodobni rad robota. Daljnje mane Fanuc-ovog privjeska za učenje su ograničen broj registara i pozicijskih registara te smanjena preglednost programskog koda što ograničava izvođenje složenijih programa. Ipak, privjesak

za učenje, odnosno upravljačka konzola kako joj je drugi naziv, neophodna je za pokretanje bilo kojeg programa, bio on napisan izravno na konzoli ili neizravnim načinom na računalu.

U nastavku, na slici 5 prikazan je privjesak za učenje s opisom svih njegovih upravljačkih tipki.



Slika 5 Privjesak za učenje

Opis upravljačkih tipki :

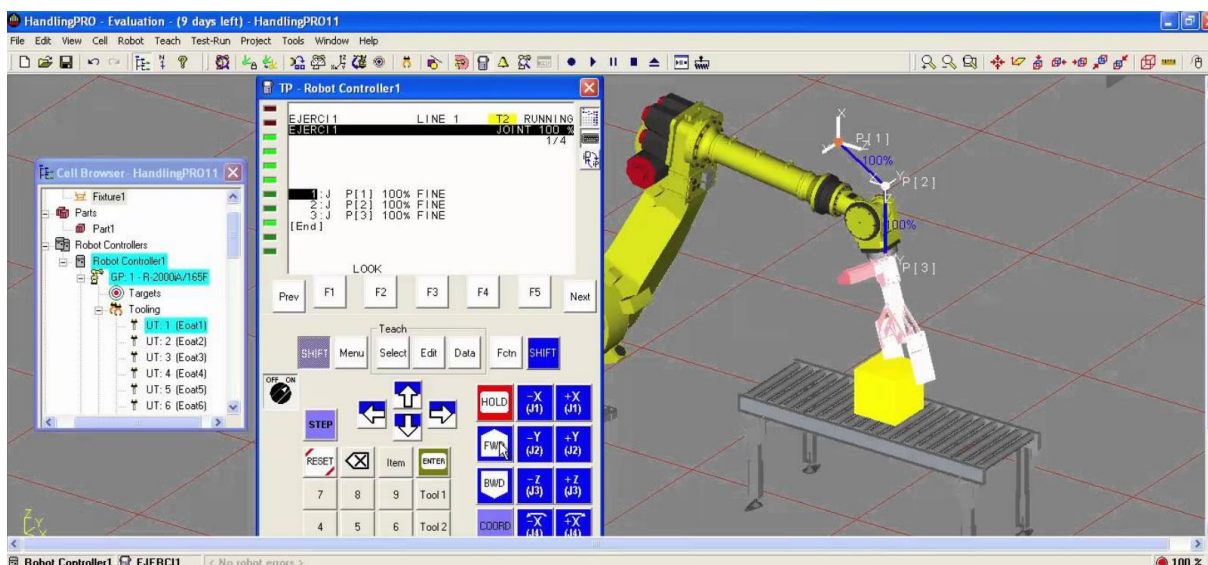
1. Indikator stanja (eng. *status indicator*) – označava alarm, u radu, zauzet itd.
2. LED diode stanja

3. Omogućena / onemogućena (eng. *enable - disable*) upravljačka konzola – ON/OFF sklopka
4. Tipka izbornik (eng. *menu*) – služi za prikazivanje glavnog izbornika
5. Tipke pokazivača (eng. *cursor*) – služe za pomicanje pokazivača
6. Tipka korak (eng. *step*) – služi za promjenu načina rada između koračnog i kontinuiranog načina izvršavanja naredbi
7. Tipka za vraćanje na izvorne postavke (eng. *reset*)
8. Tipka pomak unatrag (eng. *backspace*) – koristi se za brisanje broja ili znaka koji se nalazi prije pokazivača
9. Tipka predmet (eng. *item*) – koristi se za označavanje predmeta koristeći njegov broj
10. Tipka unos (eng. *enter*) – koristi se za upis numeričke vrijednosti ili znaka, označavanje programa, potvrde predmeta s izbornika, itd.
11. Tipka pozicije (POSN, eng. *position*) – koristi se za prikaz zaslona pozicija robota
12. Tipka ulaz/izlaz (I/O, eng. *input/output*) – koristi se za prikaz zaslona sa ulazno izlaznim signalima robota
13. Tipka stanja (eng. *status*) – Koristi se za prikaz zaslona sa stanjem robota
14. Tipke alata (eng. *tool*) – prikaz zaslona alata
15. Tipke brzine kretanja robota (eng. *jog speed*) – koriste se za određivanje brzine robota prilikom izvođenja naredbi gibanja
16. Tipka koordinatnih sustava (COORD, eng. *coordinate*) – koristi se za izbor koordinatnog sustava robota
17. Tipka za ručno pomicanje robota (eng. *jog*) – ručno pomicanje robota
18. Tipka naprijed (FWD, eng. *forward*) – koristi se za izvođenje sljedeće naredbe u programu
19. Tipka čekanja (eng. *hold*) – koristi se za zaustavljanje robota
20. Tipke programa (eng. *program keys*) – koriste se za izbor opcija izbornika
21. Tipka funkcije (FCTN) – prikaz dodatnog izbornika
22. Tipka hitnog zaustavljanja (eng. *emergency stop button*) – koristi se za trenutno zaustavljanje rada robota
23. LCD ekran upravljačke konzole

2.3.2. Neizravni način programiranja pomoću programskog alata ROBOGUIDE HandlingPRO

U ovome radu korišten je programski alat ROBOGUIDE HandlingPRO čime je dobiveno na brzini programiranja programskog koda, a da se pritom nije izgubilo na vremenu učitavajući kod na robota, što je izvedivo u samo nekoliko pritiska mišem.

Pri tome je bitno prethodno se spojiti na mrežu robota kako bi izvoz programa s računala prošao uspješno.



Slika 6 Programski alat Roboguide HandlingPro

3. PRIPREMA RADNOG PROSTORA I KALIBRACIJA KOMPONENTI ROBOTA

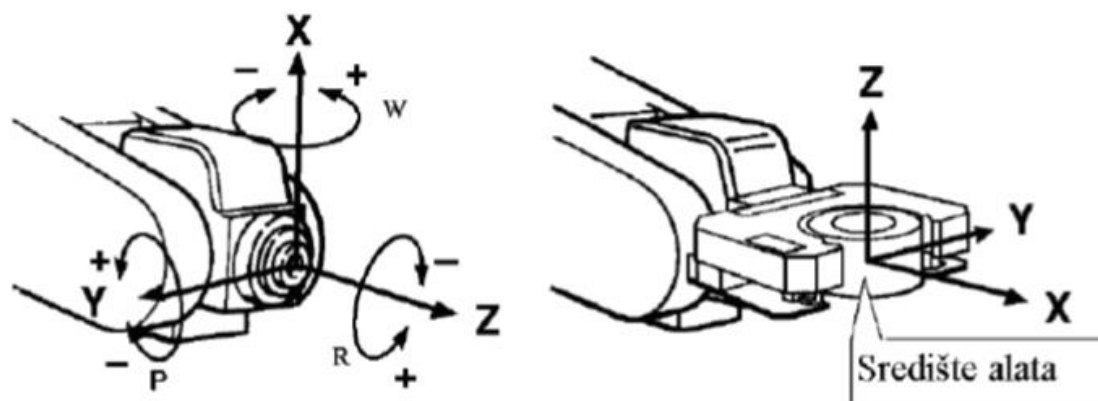
Prilikom rada na robotu nužno je pridržavati se sigurnosnih aspekata:

- održavati sigurni razmak od robota
- nikada vizualno blokirati prostor između robota i osobe koja upravlja robotom (operator)
- testirati programe u koračnom (STEP) načinu rada pri kontroliranim brzinama – izvršavanje liniju po liniju koda

Imajući gore navedene aspekte u vidu, može se pristupiti prvim koracima pripreme radnog prostora i podešavanju početnih uvjeta robotskog rada.

3.1. Kalibracija korisničkog alata

Kako je vidljivo iz tablice 1 u prethodnom poglavlju robot ima 6 zglobova (J1-J6), a u osi njegovog posljednjeg zgloba nalazi se preddefinirani koordinatni sustav prihvaćanja alata kako je prikazano na slici 7. U odnosu na točku ishodišta tog koordinatnog sustava potrebno je ovisno o korištenom alatu odrediti koordinatni sustav korisničkog alata.



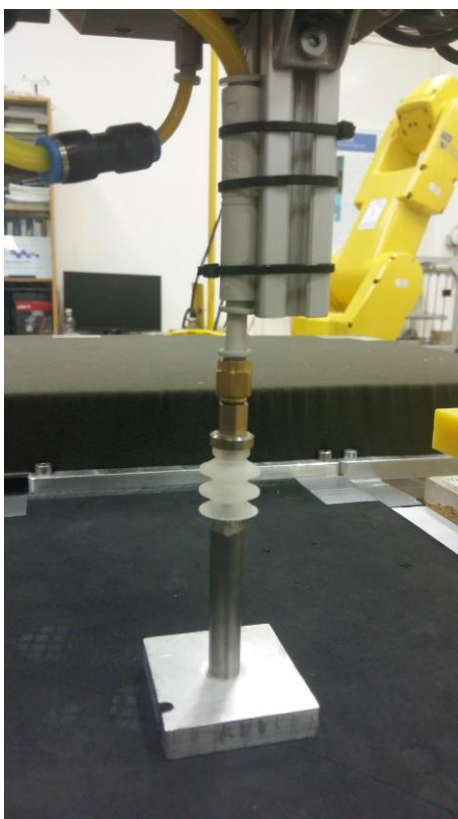
Slika 7 Kalibracija korisničkog alata

Taj se postupak naziva kalibracijom korisničkog alata, a vrši se dovođenjem središnje točke alata (*TCP – tool center point*) u fiksnu točku određenu u prostoru pomakom po tri osi i rotacijama od točke prihvaćanja alata.

Postoje tri metode za kalibraciju koordinatnog sustava alata, a to su:

1. Metoda tri točke
2. Metoda šest točaka
3. Metoda direktnog unosa

Za kalibraciju alata u ovome radu je korištena metoda tri točke te je prvi korak postupka kalibracije korisničkog alata prikazan na narednoj slici 8.

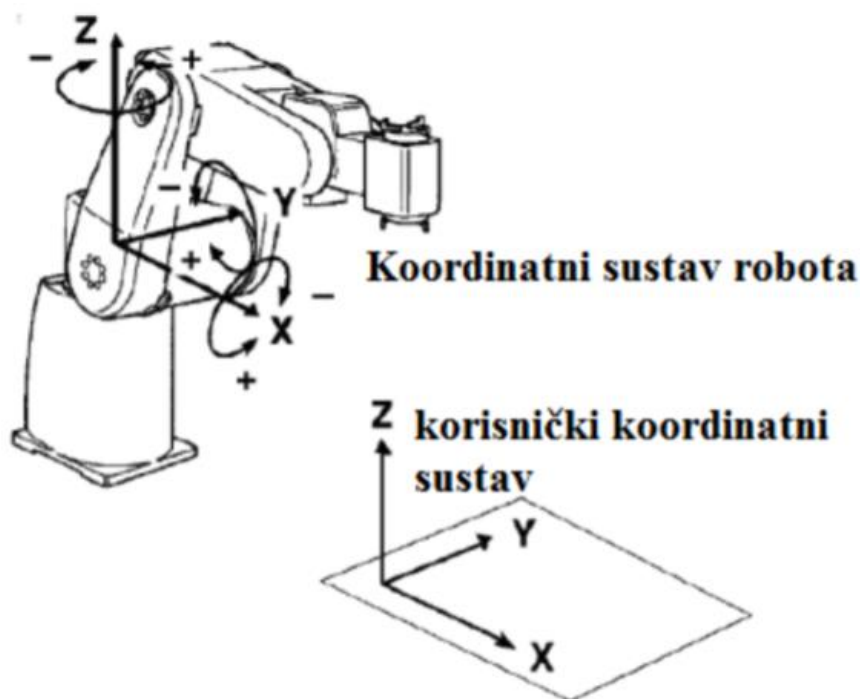


Slika 8 Kalibracija korisničkog alata metodom tri točke

3.2. Kalibracija korisničke ravnine

Svaki robot ima preddefinirani vlastiti koordinatni sustav čije se ishodište nalazi u određenoj točki tijela robota. Pri tome se radi o kartezijskom, pravokutnom, desnokretnom koordinatnom sustavu te je prilikom rada s robotom moguće koristiti i samo taj unaprijed određeni sustav. No uvođenjem korisničke ravnine, odnosno korisničkog koordinatnog sustava znatno je pojednostavljena predodžba radnog prostora koji će biti u upotrebi.

Osim toga, s obzirom na potrebu korištenja vizijskog sustava u ovome radu neophodno je određivanje korisničkog koordinatnog sustava koji će se kasnije koristiti za kalibraciju kamere te definiciju vizijskog procesa.



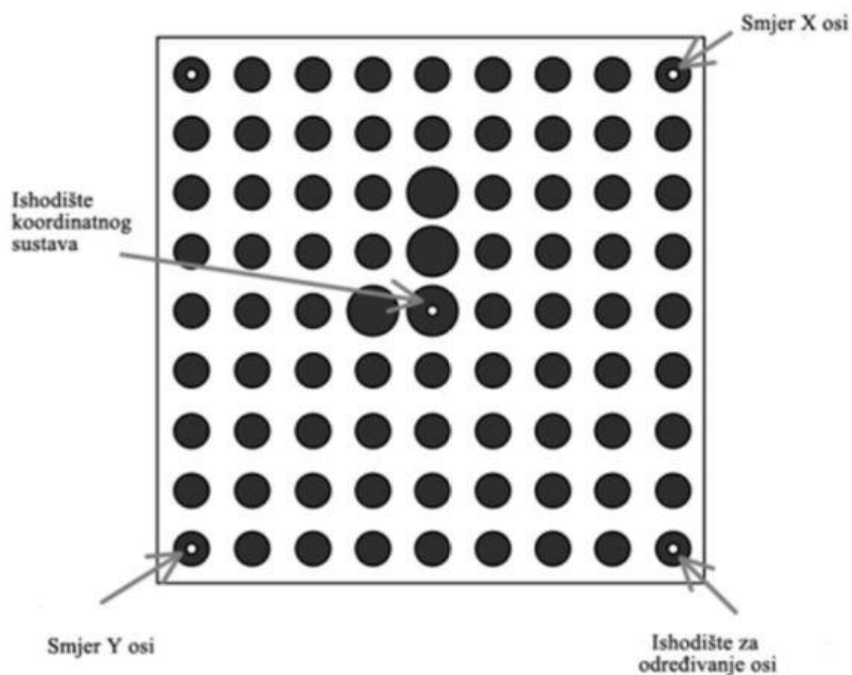
Slika 9 Kalibracija korisničke ravnine

Postoje tri metode kalibracije korisničkog koordinatnog sustava:

- 1) Metoda tri točke
- 2) Metoda četiri točke
- 3) Metoda direktnog unosa

U ovome radu korištena je metoda četiri točke pri čemu je istodobno upotrijebljena podloga za kalibraciju vizijskog sustava vidljiva na slici 10.

Nakon uspješno odabrane metode kalibracije na privjesku za učenje središte korisničkog alata se redom dovodi u četiri označene točke te se robota na taj način “nauči” novom korisničkom koordinatnom sustavu.



Slika 10 Podloga za kalibraciju vizijskog sustava

3.3. Kalibracija kamere

3.3.1. Korištena kamera

Na ruci robota Fanuc M-10iA pričvršćen je Fanuc-ov senzor V-500iA s PS-kamerom modela Fanuc A05B-1405-H036 s lećom promjera 8 mm.

Navedena kamera prikazana je na slici 11.

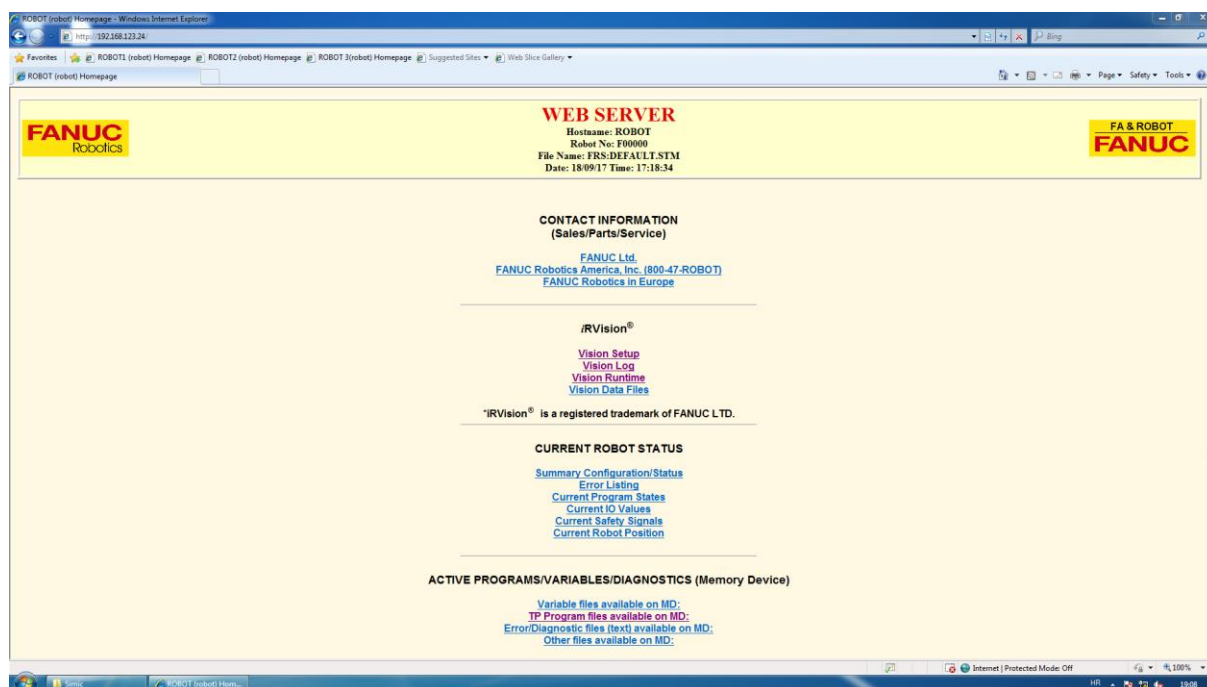


Slika 11 PS-kamera modela Fanuc A05B-1405-H036

3.3.2. Programski alat iRVision

Fanuc-ovim programskim alatom iRVision određuju se sve karakteristike vizijskog procesa te je njihovo precizno definiranje ključno za dobivanje željenog ishoda cjelokupnog rada. Najvažnije općenite značajke iRVision-a glase:

- Vizijski proces se odvija u potpunosti u upravljačkoj jedinici i nije potreban nikakav dodatan hardver.
- Upravljačkoj jedinici se pristupa računalom uz pomoć internet preglednika upisujući mrežnu (IP) adresu upravljačke jedinice.
- Vizijski procesi se pohranjuju u memoriju upravljačke jedinice.
- Moguć odabir brzine okidača kamere.
- Rad sa slikom rezolucije 512×480 točaka.
- Moguće je dobiti prikaz rada vizijskog procesa na zaslonu upravljačke konzole.



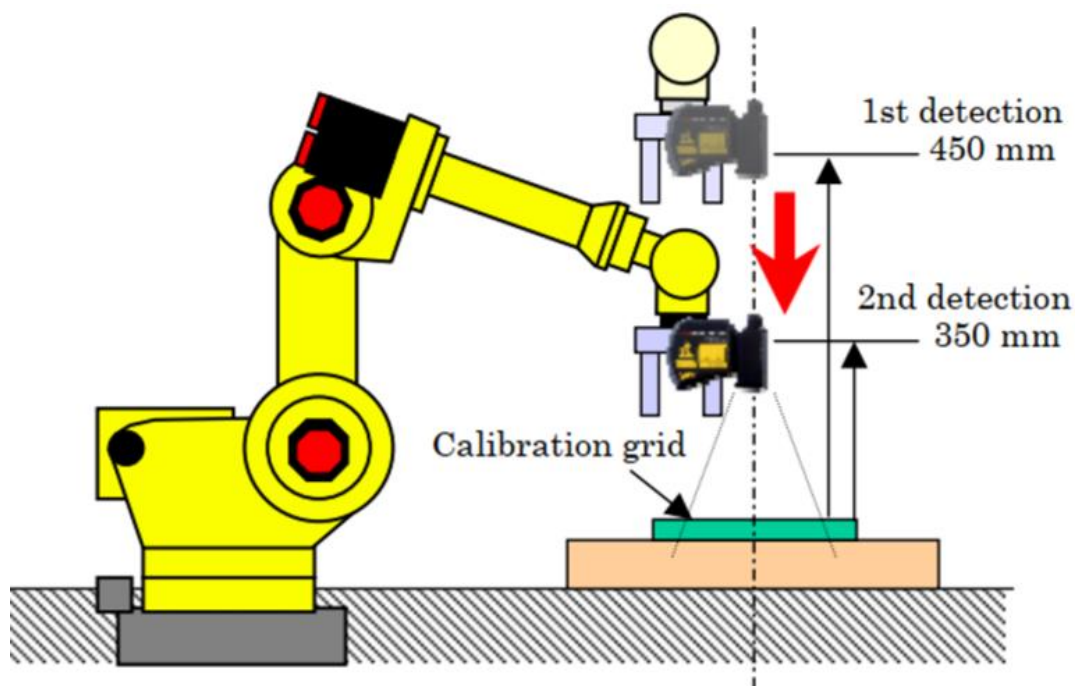
Slika 12 programski alat iRVision

Na gornjoj slici 12 vidljivo je početno sučelje iRVision programskog alata nakon obavljenog povezivanja računala s upravljačkom jedinicom robota.

Prvi korak definiranja vizijskog procesa je odabir opcije *Vision Setup* čime će se započeti postupak kalibracije kamere koji će detaljnije biti opisan u narednom podpoglavlju.

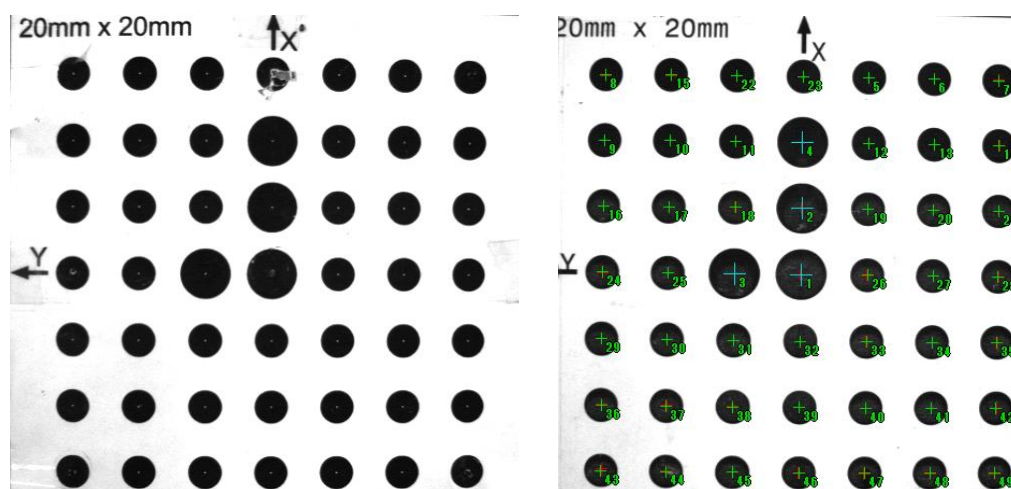
3.3.3. Postupak kalibriranja kamere

Pomoću Fanuc-ovog programskog alata postupak postavljanja kamere izvediv je brzo i učinkovito, odabirom odgovarajuće opcije *Camera Setup Tools*. Potom slijedi kalibracija kamere koja se vrši uz pomoć kalibracijske podloge prikazane na slici 10. Važno je pri tome odabrati ispravnu prethodno stvorenu korisničku ravninu.



Slika 13 Kalibracija kamere

Kalibraciju je moguće izvršiti snimanjem kalibracijske ravnine sa zadovoljavajuće visine, no preporuča se snimanje ravnine s dviju različitih visina udaljenih jedna od druge između 100 i 150 mm kako bi se dobilo preciznije rezultate i time osigurao ispravan vizijski proces.



Slika 14 Kalibracija vizijskog sustava

Na slici 14 je s lijeve strane vidljiva snimljena kalibracijska podloga na kojoj su različitim promjerom krugova definirane osi koordinatnog sustava X i Y .

S desne strane slike prikazana je ista podloga s označenim ishodištima pronađenih krugova čime je kalibracija vizijskog sustava uspješno izvršena.

4. VIZIJSKI PROCES

U prethodnom poglavlju opisana je neophodna priprema za rad s robotom u sklopu čega je prikazan osnovni dio svakog vizijskog procesa, dok će u ovom poglavlju biti detaljnije objašnjeni vizijski alati korišteni za ovaj konkretni zadatak.

2-D Single Vision Process

Status: Trained

Camera Calibration: Trained

KALIBR2

Camera Setup: Trained

KALIBR

Exposure Mode: Fixed

Exposure Time: 10.000 ms. -- - + ++

Auto Exposure Area: Not Trained Train

Auto Exposure Adjust: 0 Mask

Number of Exposures: 1, 10.000 - 10.000 ms.

Multi Exposure Area: (0,0) 480x512 Train

Multi Exposure Mode: Deviation Mask

Multiple Locator Find Mode: Find Best

Number to Find: 1

Offset Mode: Fixed Frame Offset

Robot Holding the Part: This Controller, Group 1

User Tool Number: Not Selected

Image Logging Mode: Don't Log

Sort by: Parent Command Tool Level


Score Desc.

Delete Duplicate Results If: < 20.0 pix. and < 180.0 deg.

Ref. Data Index To Use: This Index, index 1

Convert meas. to mm: ☒

- Reference Data



Index: 1

Model ID: 1

Part Z Height: 23.000 mm.

Reference Position Status: Set Set Ref. Pos.

Reference X: 14.092 mm.

Reference Y: -17.569 mm.

Reference R: -90.330 deg.

Limit Check Select: None selected

Slika 15 Izbornik učenja dvodimenzionalnog vizijskog procesa

Na slici 15 prikazan je izbornik za učenje dvodimenzionalnog vizijskog procesa sa svim parametrima koje treba definirati što uključuje odabir kamere i njene kalibracije, način i vrijeme ekspozicije, broj objekata koji se procesom trebaju naći te način sortiranja pronađenih rezultata po važnosti. U donjem dijelu izbornika nalaze se još i polja za određivanje visine traženog predmeta te definiranje njegove referentne pozicije.

Važno je naglasiti kako svaki vizijski proces značajno ovisi o svjetlosnim uvjetima u kojima se izvodi zbog čega je poželjno ostvariti ujednačene uvjete svjetlosti u radnom prostoru. U suprotnom lako može doći do krive procjene i prepoznavanja objekata koji se nalaze pod kamerom.

4.1. Alat prepoznavanja geometrijskih uzoraka

GPM Tool (Geometric Pattern Match Tool) ili alat prepoznavanja geometrijskih uzoraka temeljni je dio vizijskog procesa kojim robot, odnosno za njega pričvršćena kamera, „uči“ prepoznavati nove objekte.

Geometric Pattern Match Tool

Status: **Trained**

Training Stability: **Good** Location: **Good** Orientation: **Good** Scale: **Good**

Training Mask: Enable ☒ Edit Trn. Mask

Emphasis Area: Enable ☐ Edit EA

Model Origin Bias: None Set

Model ID: 1

Score Threshold: 60.0 %

Contrast Threshold: 100 -- - + ++

Area Overlap: 75.0 %

Elasticity: 1.5 pix.

EA Score Threshold: 70.0 %

Allow Floating EA: ☐

Ignore Polarity: ☐

Search Window: (0,0) 480x512 Set Search Win.

Run-Time Mask: Enable ☐ Edit RT Mask

Parent Tool Ref. Position: (****, ****) **** deg. ****%

Degree of Freedom	Enabled	Nominal	Minimum	Maximum
Orientation:	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0	-30.0	30.0 deg.
Scale:	<input checked="" type="checkbox"/>	100.0	50.0	150.0 %
Aspect Ratio:	<input checked="" type="checkbox"/>	100.0	75.0	100.0 %

Time-out: 2.0 sec.

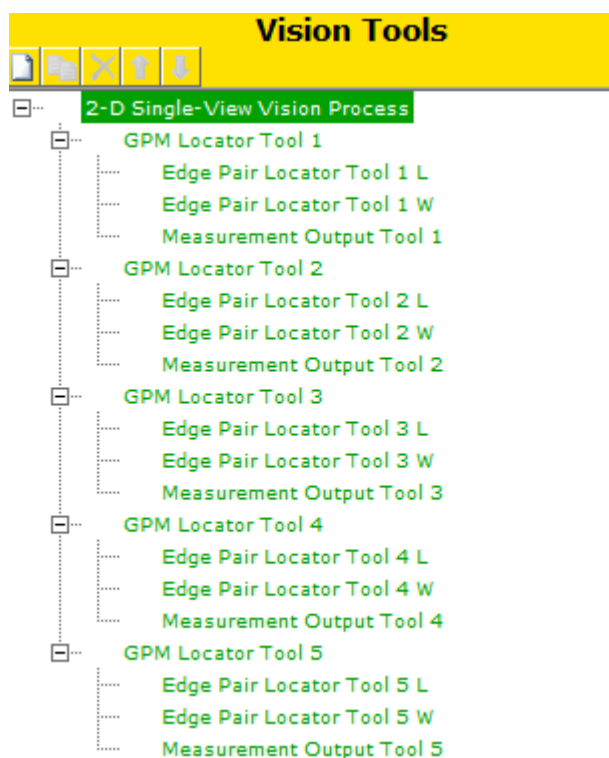
Result Plotting Mode: Plot Everything

Image Display Mode: Image + Results

Slika 16 Izbornik alata za prepoznavanje geometrijskih uzoraka

Važni parametri čije se granice pri tome trebaju odrediti su:

- ocjena prepoznatog predmeta (*Score*),
- orijentacija (*Orientation*),
- skaliranje (*Scale*) i
- odnos stranica (*Aspect Ratio*).



Slika 17 Izbornik vizijskih alata

S obzirom na to da se u ovome radu razrađuje fleksibilni paletizacijski algoritam te je potrebno prepoznavanje predmeta proizvoljnih dimenzija određenog reda veličine, definirano je nekoliko prethodno spomenutih alata s kombinacijom njihovih parametara zadanih na način da se svaki nadolazeći predmet može svrstati u jednu od pet skupina.

To znači da se odabralo pet predmeta na temelju kojih je naučen vizijski proces kojim je moguće prepoznati veliki opseg raznovrsnih dimenzija objekata. Pet alata za uzorkovanje geometrijskih uzoraka s njihovim podalatima za lociranje rubova i mjerenje prikazano je na gornjoj slici 17.

Za potrebe ovoga rada korišten je skup predmeta vidljiv na slici 18.



Slika 18 Skup korištenih predmeta

Ovi su predmeti pri kasnijem programiranju algoritma svrstani u tri skupine nazvane:

- 1) *S – small* (mali predmeti)
- 2) *N – normal* (predmeti srednje/standardne veličine)
- 3) *L – large* (veliki predmeti)

4.2. Alat za lociranje rubova

Edge Pair Location Tool ili alat za lociranje rubova je podalat alata za uzorkovanje geometrijskih oblika što znači da je potrebno stvoriti i pet ovakvih podalata.

Njime je moguće naučenom vizijskom procesu nadodati i prepoznavanje te izračun dimenzija što je ključno za razradu fleksibilnog algoritma paletizacije.

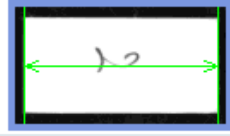
Edge-Pair Tool

Status: Trained

Search Area: Set Search Area

Parent Tool Reference Position			
Row	Column	Angle	Scale
261.137	301.407	0.001	100.001

Trained Model Info



Standard Length: 98.568 mm
 Left Edge Contrast: 156.4
 Right Edge Contrast: 151.1

Model ID: 1

Contrast Threshold: 30 Train Model

Maximum Length to Search: 110.000 mm

Minimum Length to Search: 90.000 mm

Display Mode: Edges

Result Show Mode: Found Results


Edge-Pair Tool

Status: Trained

Search Area: Set Search Area

Parent Tool Reference Position			
Row	Column	Angle	Scale
261.136	301.407	0.001	100.002

Trained Model Info



Standard Length: 48.038 mm
 Left Edge Contrast: 187.2
 Right Edge Contrast: 186.9

Model ID: 1

Contrast Threshold: 30 Train Model

Maximum Length to Search: 65.000 mm

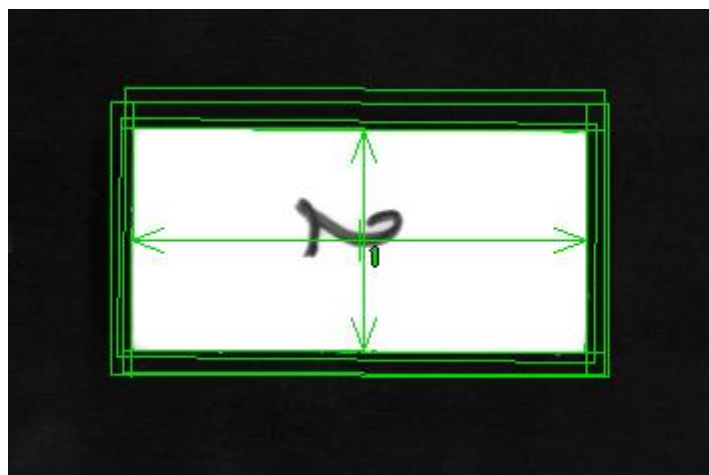
Minimum Length to Search: 35.000 mm

Display Mode: Edges

Result Show Mode: Found Results

Slika 19 Alat za lociranje rubova

Kao što je vidljivo na gornjoj slici 19, potrebno je istim alatom zasebno naučiti robota dimenzije dužine te dimenzije širine predmeta koje će kasnije smještati na odgovarajuća mjesta na paleti.



Slika 20 Prikaz prepoznatih dimenzija predmeta

Nakon naučenih podalata za lociranje rubova, robotska kamera prepoznaje dimenzije predmeta na način kako je prikazano na gornjoj slici 20.

4.3. Mjerni alat

Measurement Output Tool ili mjerni alat je podalat kojim se prepoznate dimenzije određenog predmeta mogu pohraniti u vizijske registre i na taj način izvesti na robota.



Slika 21 Mjerni alat

Gornja slika prikazuje postupak definiranja vrijednosti koje se žele pohraniti u odgovarajuće vizijske registre VR1 i VR2, dok donja slika 22 prikazuje prepoznate vrijednosti dimenzija predmeta sa slike 20 koje su poslane robotu i mogu biti upotrijebljene za daljnje operacije u programskom kodu.

Found Results		Value1:	Value2:	Value3:	Value4:	Value5:	Value6:	Value7:	Value8:	Value9:	Value10:
Found:	1	1	98.509	47.968	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Time to find:	0 ms.										

Slika 22 Prepoznate vrijednosti dimenzija predmeta

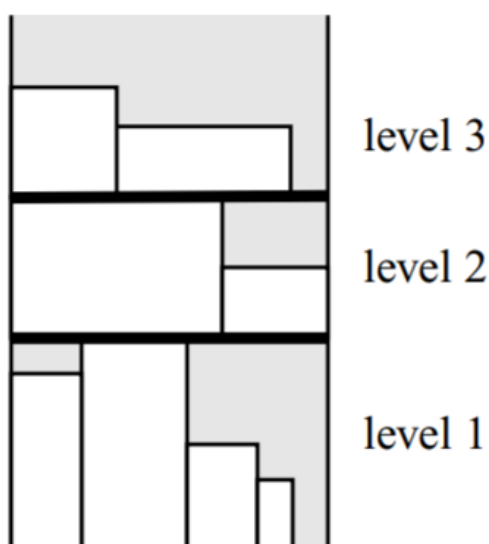
5. RAZRADA PALETIZACIJSKOG ALGORITMA

S obzirom na to da paletizacija predmeta raznovrsnih dimenzija spada u klasu NP – teških problema koji prema općem uvjerenju ne mogu biti riješeni u polinomijalnom vremenu, već prije početka razrade algoritma postaje jasno da dostupni prostor na paleti neće biti moguće iskoristiti sa stopostotnom efikasnošću.

Iako za NP – teške probleme ne postoje realno upotrebljivi algoritmi, definirano je nekoliko skupina metoda kojima se mogu dobiti zadovoljavajuća rješenja prilikom pristupanja takvim problemima.

Algoritmi za pristupanje rješavanju NP – teških problema podijeljeni su na sljedeće tri skupine:

- 1) Egzaktni algoritmi - daju točno rješenje, no zbog velike računske složenosti primjenjivi su samo na relativno male primjerke problema.
- 2) Aproksimacijski algoritmi - daju u polinomijalnom vremenu približno rješenje, te također i garanciju da je to rješenje "blizu" egzaktnom.
- 3) Heuristički algoritmi - brzi približni algoritam koji se pokazao upotrebljivim unatoč nedostatku garancije "dobrote".



Slika 23 Prikaz primjene heurističkog algoritma

U ovom radu primijenjen je algoritam iz treće skupine prethodno nabrojanih metoda za rješavanje NP – teških problema te je metoda okvirno predstavljena slikom 23, a detaljnije će biti razmotrena i pojašnjena u narednim podpoglavljima.

5.1. Vizijski proces

U ovome radu predmete do radnog prostora robota jednog po jednog dovodi zamišljena pokretna linija te cjelokupni proces paletizacije kreće s vizijskim procesom upravo pristiglog predmeta na prethodno opisanu korisničku ravninu.

U početku su definirana dva korisnička koordinatna sustava, jedan s kojeg robot pokupi predmet te drugi koji se nalazi na nešto povišenom prostoru te predstavlja mjesto odlaganja predmeta, odnosno paletu.

Nakon što je prvi predmet došao u vidno polje kamere robota, u programskom kodu se pokreće vizijski proces pomoću kojeg robot dobiva informaciju koliko je predmet udaljen od referentnog položaja naučenog alatom za uzorkovanje geometrijskih oblika opisanog u ranijem poglavlju. Robot preko podalata vizijskog programskog alata iRVision također dobiva podatke o dimenzijama prepoznatog predmeta. Tada se spušta po predmet, pokupi ga vakuumskom prihvatnicom te počinje premještati prema paleti.



Slika 24 Prijenos prvog predmeta prema paleti

5.2. Rješavanje 1D – problema

Nastavno na prethodno podpoglavlje, robot smješta prvi pokupljeni predmet na prvo mjesto na paleti, s lijevim gornjim kutom u ishodištu palete, odnosno paletnog koordinatnog sustava.

Isti vizijski proces ponavlja se i prilikom dolaska drugoga predmeta te u tom trenutku dolazi do procjene treba li novopridošli predmet biti također proslijeđen na paletu ili mu je zbog veličine mjesto na međuprostoru za privremeno odlaganje predmeta čije će uvođenje te upotreba biti objašnjeni pri kraju ovoga poglavlja.

Jednodimenzionalni problem je riješen na način da se predmeti odlažu jedan do drugoga uz rub palete sve dok posljednji predmet po dužini ne prelazi dimenzije palete. U trenutku prekoračenja dužine palete, trenutni predmet treba biti odložen na prvo mjesto drugoga reda kako je prikazano na slici 26 u narednom podpoglavlju.



Slika 25 Rješavanje 1D - problema

5.3. Rješavanje 2D – problema

Dvodimenzionalni problem odlaganja predmeta na paletu riješen je pamćenjem širine najšireg predmeta iz prethodnoga reda.

U nastavku je izdvojen dio programskog koda kojim je to definirano pri čemu dužina palete iznosi 220 mm, R[5] je registar s pohranjenom vrijednosti zbroja svih predmeta u trenutnom redu, R[2] širina trenutnog predmeta te R[6] širina najšireg dosadašnjeg predmeta u redu:

```
23: IF R[5]>220,JMP LBL[3] ;  
24: IF R[2]>R[6],JMP LBL[2] ;  
25: JMP LBL[3] ;  
26: LBL[2] ;  
27: R[6]=R[2] ;  
28: LBL[3]
```



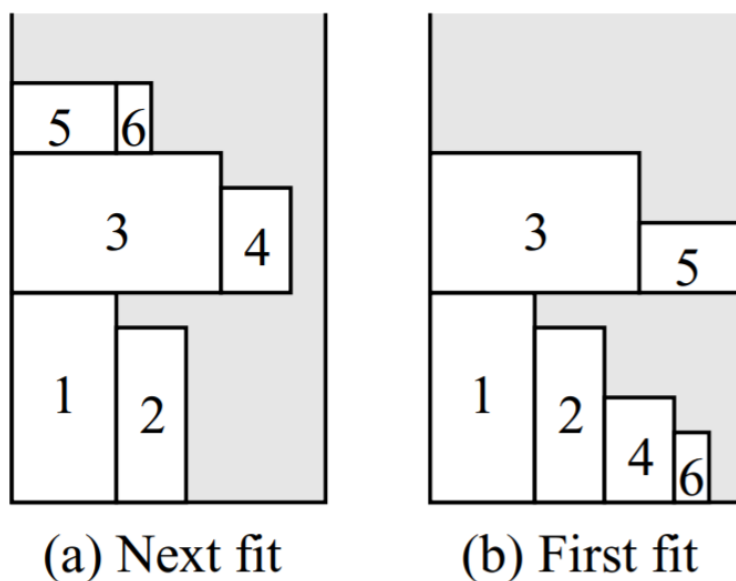
Slika 26 Rješavanje 2D - problema

5.4. Rješavanje 2.5D – problema

Kod 2.5-dimenzionalnog problema na prvi pogled ne postoje veće poteškoće jer programskim kodom nije zahtjevno poslati trenutni predmet u novi sloj palete i ponoviti postupak korišten u prethodnom sloju. No u obzir treba biti uzeta i stabilnost predmeta naslaganih u višim slojevima pri čemu je potrebna promjena dosadašnje jednostavne strategije slaganja.

Znatno poboljšanje po pitanju toga problema dogodilo se prelaskom na „*first fit*“ metodu slaganja predmeta te uvođenjem međuprostora za privremeno odlaganje predmeta.

5.4.1. Promjena strategije slaganja predmeta na paletu



Slika 27 Promjena strategije slaganja predmeta

Slika 27 najbolje prikazuje promjenu načina smještanja novopridošlih predmeta s “*next fit*” na “*first fit*” metodu te poboljšanje iskorištenosti slobodnog prostora na paleti.

Dodatnom napretku algoritma je pridonijelo uvođenje međuprostora za privremeno odlaganje predmeta, odnosno u industrijskom žargonu popularno nazvanog “*buffera*”.



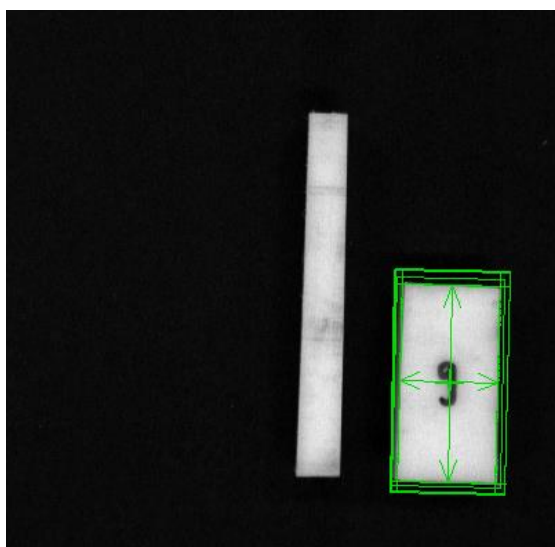
Slika 28 Rješavanje 3D - problema

5.4.2. Uvođenje međuprostora za privremeno odlaganje predmeta

Međuprostor za privremeno odlaganje predmeta omogućio je odlaganje dimenzijama i oblikom nepovoljnih predmeta na sporedni prostor uz paletu sve dok se daljnjim dolaskom novih predmeta ne stvore zadovoljavajući uvjeti za njihovo prebacivanje s toga međuprostora na paletu.



Slika 29 Prikaz palete te dijagonalno postavljenog međuprostora

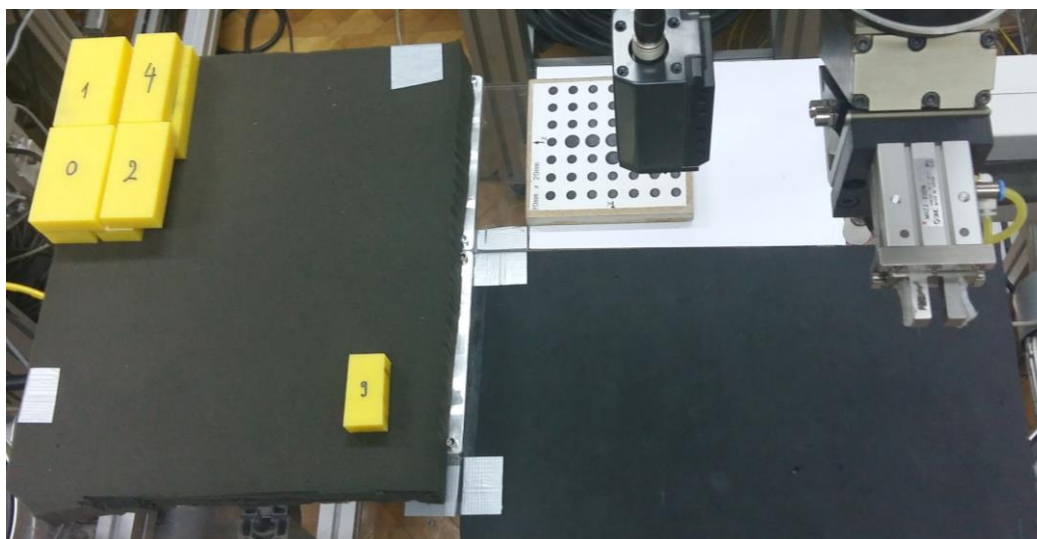


Slika 30 Prikaz međuprostora za odlaganje predmeta iz perspektive robotske kamere

Za potrebe prepoznavanja predmeta te njihovih dimenzija na međuprostoru uveden je novi vizijski proces. Robot pri tome vizijski proces nad međuprostorom vrši samo u slučaju stvorenog povoljnog slobodnog prostora na paleti, što znači da ne gubi vrijeme pregledavajući međuprostor u trenucima kada se na njemu uopće ne nalaze predmeti. To je postignuto jednostavnim uvođenjem brojača kojem se vrijednost povećava za 1 svakim novim dovođenjem predmeta na međuprostor te na isti način smanjuje za jediničnu vrijednost kada se s međuprostora odnese predmet.

5.5. Kraj procesa paletizacije

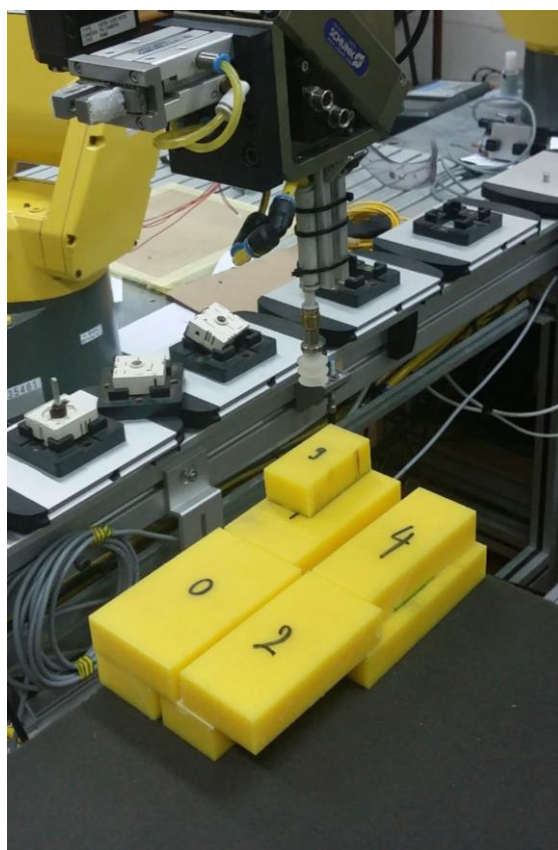
Kada robot vizijskim procesom ne prepozna nikakav predmet u svome vidnom polju, zaključuje da se kod prethodno smještenog predmeta radilo o posljednjem predmetu u trenutnom ciklusu. Kako bi se sa sigurnošću potvrdilo da se zaista radilo o zadnjem predmetu, za slučaj neprepoznatog objekta pridodan je još jedan vizijski proces u nastavku na uobičajeni. Dodatnim vizijskim procesom robot se uvjerava da se nijedan novi predmet za prijenos na paletu nije pojavio pod njegovom kamerom. Stoga provjerava brojač međuprostora kako bi saznao ima li na međuprostoru preostalih predmeta koji trebaju biti smješteni na paletu.



Slika 31 Kraj procesa paletizacije

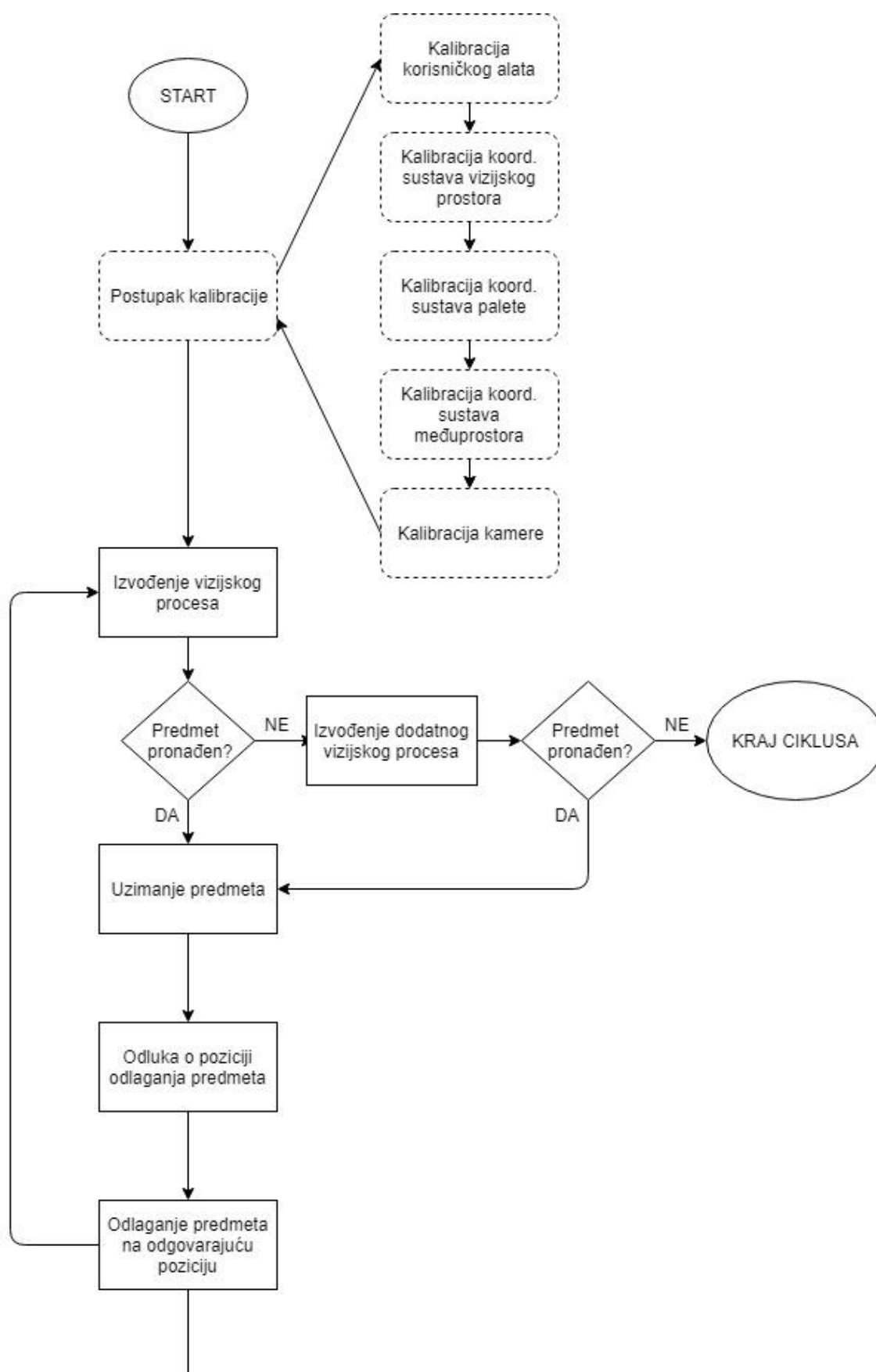
Ukoliko se utvrdi da ni na međuprostoru nema više niti jednog predmeta, robot obustavlja svoj rad i ostaje stajati u svome početnom položaju.

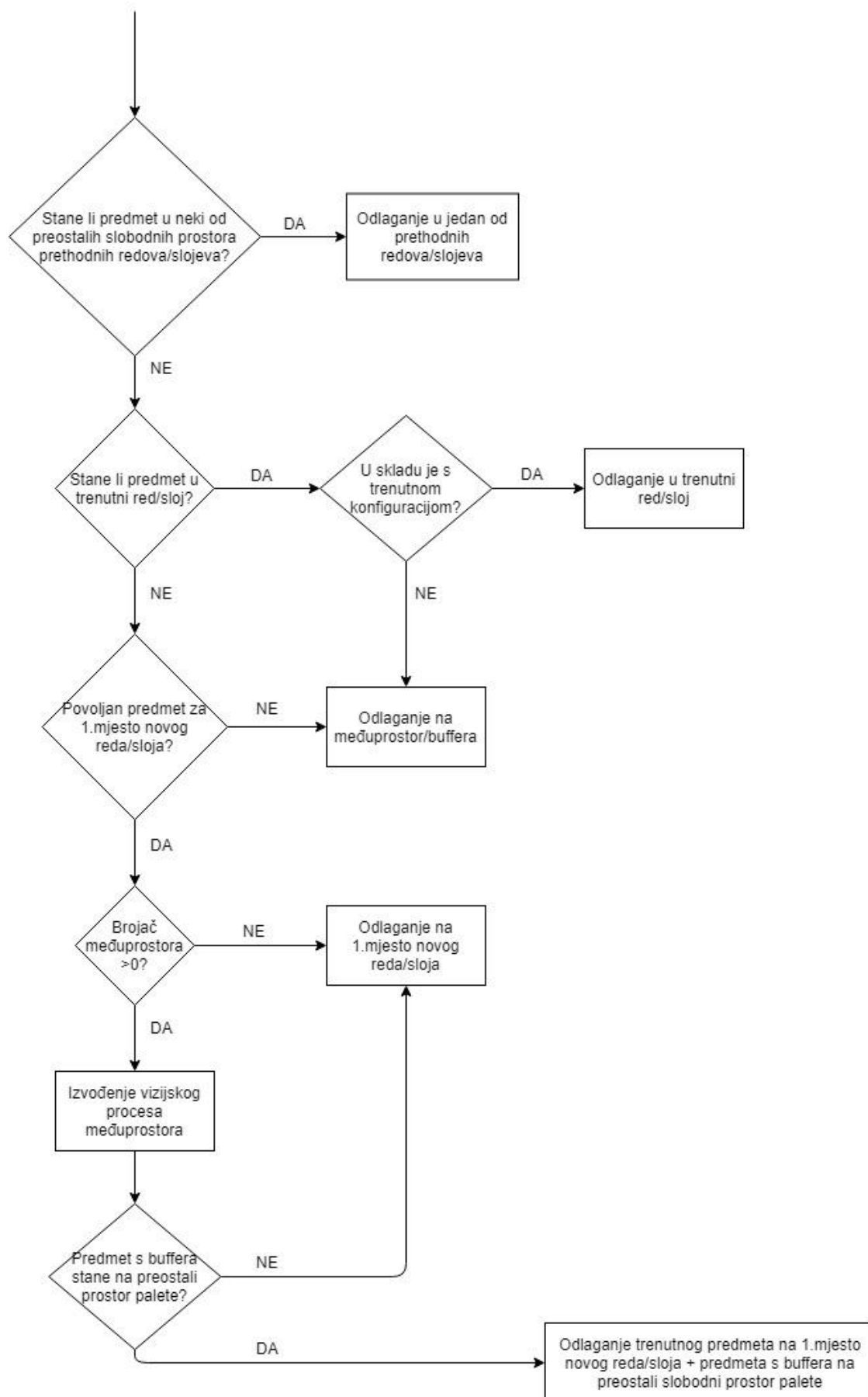
Međutim ukoliko se provjerom međuprostornog brojača ispostavilo da postoji potreba za prijenosom preostalih predmeta s njega na paletu, robot izvršava vizijski proces nad „bufferom“ te prebacuje i taj/te predmet/e na paletu kao što je prikazano slikama 31 i 32.



Slika 32 Potpuno složena paleta

5.6. Dijagram toka razrađenog algoritma





6. ZAKLJUČAK

U ovome radu bilo je potrebno razviti algoritam za autonomnu robotsku paletizaciju predmeta različitih dimenzija.

Nakon početne odluke o razradi tzv. „*next fit*“ algoritma pokazalo se kako njegova funkcionalnost nije zadovoljavajuća zbog činjenice da se time narušava stabilnost gornjih slojeva predmeta naslaganih na paletu.

Stoga se „*next fit*“ metoda zamijenila „*first fit*“ metodom koja prilikom dolaska svakog novog predmeta provjerava preostale slobodne prostore svih prethodnih nepotpuno iskorištenih redova palete. Tome je još nadodano uvođenje međuprostora za odlaganje predmeta koji se ne uklapaju u trenutnu konfiguraciju već složenih predmeta. Mogućnost naknadnog prijenosa predmeta s međuprostora na paletu se provjerava u situacijama kada se ta solucija nameće kao logičan izbor.

Ovaj rad je uz pridržavanje uvjeta jednakih visina svih predmeta rada te uz manje preinake primjenjiv u logističkoj grani industrije. Prijedlog za nadogradnju ovoga rada bi bio uvođenje dodatne kamere iznad proizvodne linije koja predmete rada donosi robotu, kako bi podaci o dimenzijama svakog pojedinog nadolazećeg predmeta robotu u trenutku dolaska pod njegov vizijski sustav već bile poznate. Time bi robot unaprijed bio upućen koji predmet treba tražiti u svome „vidnom polju“ čime bi se bitno smanjilo trajanje vizijskog procesa.

LITERATURA

- [1] R-30iA_KAREL_Reference_Manual_[Ver.7.30][MARRCRLRF04071E_REV.B]
- [2] R-30iA/R-30iA Mate CONTROLLER OPERATOR'S MANUAL B-82774EN/03 iRVision
- [3] Prof. dr. sc. Bojan Jerbić, dr. sc. Bojan Šekoranja, mag. ing. mech., dr. sc. Marko Švaco, mag. ing. mech.: Inteligentni montažni sustavi FANUC vizijski sustav; Zagreb, 2010.
- [4] Shinji Imahori, Mutsunori Yagiura, Hiroshi Namagochi: Practical Algorithms for Two-dimensional Packing; Tokyo, March 2006
- [5] Prof. dr. sc. Robert Manger: Algoritmi za rješavanje NP-teških problema kombinatorne optimizacije; Zagreb, 2003./04.
- [6] Mia Kokić: Završni rad; Zagreb, 2014.
- [7] Ivana Horvat: Završni rad; Zagreb, 2010.
- [8] Marko Pažur: Diplomski rad; Zagreb, 2015.
- [9] <https://www.idealmachinery.com/parts> (zadnji pristup 20.9.2018.)

PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. Programski kod

II. Programski kod

/PROG N_PALLET

```
1: UTOOL_NUM=4 ;
2: CALL PALLET_REGISTERS ;
3: ;
4: ;
5: LBL[1] ;
6: R[168]=0 ;
7: CALL N_PALLET_VISION ;
8: ;
9: IF R[166]=1 AND R[197]>0,JMP LBL[2] ;
10: IF R[166]=1 AND R[198]>0,JMP LBL[3] ;
11: ;
12: ;
13: IF R[2]<=25,CALL N_PR8 ;
14: IF R[168]=1,JMP LBL[1] ;
15: ;
16: ;
17: IF R[189]>0 AND R[1]>70,CALL N_PR9 ;
18: IF R[168]=1,JMP LBL[1] ;
19: ;
20: ;
21: IF R[189]>0 AND R[1]<=70,CALL N_PR10 ;
22: IF R[168]=1,JMP LBL[1] ;
23: ;
24: ;
25: IF R[5]<=220 AND R[1]>70,CALL N_PR1 ;
26: IF R[168]=1,JMP LBL[1] ;
```

27: ;
28: ;
29: IF R[5]<=220 AND R[1]<=70 AND R[10]<=97,CALL N_PR3 ;
30: IF R[168]=1,JMP LBL[1] ;
31: ;
32: ;
33: IF R[5]<=220 AND R[1]<=70,CALL N_PR4 ;
34: IF R[168]=1,JMP LBL[1] ;
35: ;
36: ;
37: IF R[5]>220 AND R[1]>70 AND R[197]=0,CALL N_PR5 ;
38: IF R[168]=1,JMP LBL[1] ;
39: ;
40: ;
41: IF R[5]>220 AND R[1]>70 AND R[197]>0,CALL N_PR2 ;
42: IF R[168]=1,JMP LBL[1] ;
43: ;
44: ;
45: IF R[5]>220 AND R[1]<=70 AND R[197]=0,CALL N_PR6 ;
46: IF R[168]=1,JMP LBL[1] ;
47: ;
48: ;
49: IF R[5]>220 AND R[1]<=70 AND R[197]>0,CALL N_PR7 ;
50: IF R[168]=1,JMP LBL[1] ;
51: ;
52: ;
53: LBL[2] ;
54: IF R[166]=1 AND R[197]>0,CALL N_BUFFER_LAST_S ;
55: IF R[166]=1 AND R[197]>0,JMP LBL[2] ;

56: LBL[3] ;

57: IF R[166]=1 AND R[198]>0,CALL N_BUFFER_LAST_L ;

58: IF R[166]=1 AND R[198]>0,JMP LBL[3] ;

/POS

/END

/PROG PALLET_REGISTERS

1: PR[1,3:]=0 ;

2: PR[21,3]=0 ;

3: PR[22,3]=0 ;

4: PR[23,3]=0 ;

5: PR[24,3]=0 ;

6: PR[25,3]=0 ;

7: PR[26,3]=0 ;

8: PR[27,3]=0 ;

9: PR[28,3]=0 ;

10: PR[29,3]=0 ;

11: PR[30,3]=0 ;

12: R[1]=0 ;

13: R[2]=0 ;

14: R[3]=0 ;

15: R[4]=0 ;

16: R[5]=0 ;

17: R[6]=0 ;

18: R[7]=0 ;

19: R[8]=0 ;

20: R[9]=0 ;

21: R[10]=0 ;

22: $R[21]=0$;
23: $R[22]=0$;
24: $R[23]=0$;
25: $R[24]=0$;
26: $R[25]=0$;
27: $R[26]=0$;
28: $R[27]=0$;
29: $R[28]=0$;
30: $R[29]=0$;
31: $R[30]=0$;
32: $R[31]=0$;
33: $R[32]=0$;
34: $R[33]=0$;
35: $R[34]=0$;
36: $R[35]=0$;
37: $R[36]=0$;
38: $R[37]=0$;
39: $R[38]=0$;
40: $R[39]=0$;
41: $R[40]=0$;
42: $R[41]=0$;
43: $R[42]=0$;
44: $R[43]=0$;
45: $R[44]=0$;
46: $R[51]=0$;
47: $R[52]=0$;
48: $PR[51,1]=0$;
49: $PR[51,2]=0$;
50: $PR[51,3]=0$;

51: PR[52,1]=0 ;
52: PR[52,2]=0 ;
53: PR[52,3]=0 ;
54: R[80]=0 ;
55: R[81]=0 ;
56: R[82]=0 ;
57: R[83]=0 ;
58: R[84]=0 ;
59: R[90]=0 ;
60: R[91]=0 ;
61: R[100]=19 ;
62: R[101]=20 ;
63: R[102]=50 ;
64: R[144]=0 ;
65: R[166]=0 ;
66: R[167]=0 ;
67: R[168]=0 ;
68: R[169]=0 ;
69: R[189]=0 ;
70: R[193]=0 ;
71: R[194]=0 ;
72: R[195]=0 ;
73: R[196]=0 ;
74: R[197]=0 ;
75: R[198]=0 ;
76: R[199]=0 ;
77: R[200]=0 ;

/POS

/END

/PROG N_PALLET_VISION

```
1: UFRAME_NUM=3 ;
2: ;
3: J P[1] 100% FINE ;
4: VISION RUN_FIND 'SIMIC' ;
5: VISION GET_OFFSET 'SIMIC' VR[1] JMP LBL[4] ;
6: JMP LBL[5] ;
7: LBL[4] ;
8: R[166]=1 ;
9: VISION RUN_FIND 'SIMIC' ;
10: VISION GET_OFFSET 'SIMIC' VR[1] JMP LBL[3] ;
11: LBL[5] ;
12: R[1]=VR[1].MES[1] ;
13: R[2]=VR[1].MES[2] ;
14: R[3]=R[1]/2 ;
15: R[4]=R[2]/2 ;
16: R[10]=220-R[5] ;
17: R[5]=R[5]+R[1]+3.5 ;
18: L P[2] 2000mm/sec FINE VOFFSET,VR[1] ;
19: L P[3] 500mm/sec FINE VOFFSET,VR[1] ;
20: CALL GR2_OP ;
21: L P[2] 1500mm/sec FINE VOFFSET,VR[1] ;
22: ;
23: IF R[5]>220,JMP LBL[3] ;
24: IF R[2]>R[6],JMP LBL[2] ;
25: JMP LBL[3] ;
26: LBL[2] ;
27: R[6]=R[2] ;
28: LBL[3] ;
```

/POS

P[1]{

GP1:

UF : 3, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = -.482 mm, Y = 140.963 mm, Z = 297.153 mm,
W = 178.539 deg, P = .007 deg, R = -90.359 deg

};

P[2]{

GP1:

UF : 3, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 14.572 mm, Y = .853 mm, Z = 33.243 mm,
W = 178.534 deg, P = .007 deg, R = -89.560 deg

};

P[3]{

GP1:

UF : 3, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 14.571 mm, Y = .853 mm, Z = 13.007 mm,
W = 178.534 deg, P = .007 deg, R = -89.560 deg

};

/END

/PROG GR2_OP Macro

1: RO[6]=OFF ;

2: RO[5]=ON ;

3: WAIT .30(sec) ;

/POS

/END

/PROG N_PR8

1: CALL PALLET_BUFFER_PLACEMENT ;
2: R[168]=1 ;

/POS

/END

/PROG PALLET_BUFFER_PLACEMENT

1: UFRAME_NUM=5 ;
2: ;
3: R[199]=R[199]+1 ;
4: IF R[1]<=70,JMP LBL[3] ;
5: IF R[2]<=25,JMP LBL[4] ;
6: ;
7: LBL[3] ;
8: R[197]=R[197]+1 ;
9: R[200]=R[200]+R[1]+5 ;
10: R[3]=R[200]-R[3] ;
11: R[5]=R[5]-R[1]-3.5 ;
12: JMP LBL[5] ;
13: ;
14: LBL[4] ;
15: R[198]=R[198]+1 ;
16: R[193]=R[193]+R[1]+5 ;
17: R[3]=R[193]-R[3] ;
18: R[4]=50+R[4] ;
19: R[5]=R[5]-R[1]-3.5 ;
20: LBL[5] ;
21: ;

```
22: PR[2,1]=R[3] ;
23: PR[2,2]=R[4] ;
24: ;
25:L P[2] 1500mm/sec FINE Offset,PR[2] ;
26:L P[1] 500mm/sec FINE Offset,PR[2] ;
27: CALL GR2_CL ;
28:L P[2] 1000mm/sec FINE Offset,PR[2] ;
```

/POS

P[1]{

GP1:

```
UF : 5, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X =  46.442 mm,  Y =  43.598 mm,  Z =  24.838 mm,
W =  179.691 deg, P =  -.125 deg,  R =  88.891 deg
```

};

P[2]{

GP1:

```
UF : 5, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X =  46.446 mm,  Y =  43.593 mm,  Z =  90.199 mm,
W =  179.690 deg, P =  -.124 deg,  R =  88.891 deg
```

};

/END

/PROG GR2_CL Macro

```
1: RO[5]=OFF ;
2: RO[6]=ON ;
3: WAIT .30(sec) ;
```

/POS

/END

/PROG N_PR9

```
1: IF R[1]<R[21] AND R[2]<R[22] AND R[80]=0,CALL N_PR_21 ;
2: IF R[1]<R[23] AND R[2]<R[24] AND R[81]=0,CALL N_PR_23 ;
3: IF R[1]<R[25] AND R[2]<R[26] AND R[82]=0,CALL N_PR_25 ;
4: IF R[1]<R[27] AND R[2]<R[28] AND R[83]=0,CALL N_PR_27 ;
5: IF R[1]<R[29] AND R[2]<R[30] AND R[84]=0,CALL N_PR_29 ;
```

/POS

/END

/PROG N_PR_21

```
1: UFRAME_NUM=3 ;
2: J P[4] 100% FINE ;
3: ;
4: UFRAME_NUM=4 ;
5: PR[21,1]=PR[21,1]+R[3]+3.5 ;
6: PR[21,2]=PR[21,2]+R[4] ;
7: ;
8: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[21] ;
9: L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[21] ;
10: CALL GR2_CL ;
11: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[21] ;
12: R[5]=R[5]-R[1]-3.5 ;
13: R[168]=1 ;
14: R[80]=1 ;
```

/POS

P[1]{

GP1:

```
      UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
      X =   5.930 mm,   Y =   16.604 mm,   Z =   79.858 mm,
      W =  179.739 deg, P =   -.754 deg,   R =  -91.606 deg
};

P[2]{
  GP1:
    UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
    X =   5.935 mm,   Y =   16.605 mm,   Z =   19.000 mm,
    W =  179.739 deg, P =   -.754 deg,   R =  -91.605 deg
};

P[4]{
  GP1:
    UF : 3, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
    X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z =  271.121 mm,
    W =  178.540 deg, P =    .006 deg,   R =  -90.356 deg
};

/END
```

/PROG N_PR_23

```
1: UFRAME_NUM=3 ;
2: J P[4] 100% FINE  ;
3:  ;
4: UFRAME_NUM=4 ;
5: PR[23,1]=PR[23,1]+R[3]+3.5  ;
6: PR[23,2]=PR[23,2]+R[4]  ;
7:  ;
8: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[23]  ;
```

```
9:L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[23] ;
10: CALL GR2_CL ;
11:L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[23] ;
12: R[5]=R[5]-R[1]-3.5 ;
13: R[168]=1 ;
14: R[81]=1 ;
/POS
P[1]{
  GP1:
    UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
    X =  5.930 mm,   Y =  16.604 mm,   Z =  79.858 mm,
    W =  179.739 deg, P =  -.754 deg,   R = -91.606 deg
};
P[2]{
  GP1:
    UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
    X =  5.935 mm,   Y =  16.605 mm,   Z =  19.000 mm,
    W =  179.739 deg, P =  -.754 deg,   R = -91.605 deg
};
P[4]{
  GP1:
    UF : 3, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
    X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z =  271.121 mm,
    W =  178.540 deg, P =   .006 deg,   R = -90.356 deg
};
/END
```

/PROG N_PR_25

```
1: UFRAME_NUM=3 ;
2: J P[4] 100% FINE ;
3: ;
4: UFRAME_NUM=4 ;
5: PR[25,1]=PR[25,1]+R[3]+3.5 ;
6: PR[25,2]=PR[25,2]+R[4] ;
7: ;
8: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[25] ;
9: L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[25] ;
10: CALL GR2_CL ;
11: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[25] ;
12: R[5]=R[5]-R[1]-3.5 ;
13: R[168]=1 ;
14: R[82]=1 ;
```

/POS**P[1]{****GP1:**

```
UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X =  5.930 mm,   Y =  16.604 mm,   Z =  79.858 mm,
W = 179.739 deg, P =  -.754 deg,   R = -91.606 deg
```

};

P[2]{**GP1:**

```
UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = ***** mm, Y = ***** mm, Z = ***** mm,
W = ***** deg, P = ***** deg, R = ***** deg
```

};

P[4]{

GP1:

UF : 3, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z = 271.121 mm,
W = 178.540 deg, P = .006 deg, R = -90.356 deg

};

/END

/PROG N_PR_27

1: UFRAME_NUM=3 ;
2: J P[4] 100% FINE ;
3: ;
4: UFRAME_NUM=4 ;
5: PR[27,1]=PR[27,1]+R[3]+3.5 ;
6: PR[27,2]=PR[27,2]+R[4] ;
7: ;
8: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[27] ;
9: L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[27] ;
10: CALL GR2_CL ;
11: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[27] ;
12: R[5]=R[5]-R[1]-3.5 ;
13: R[168]=1 ;
14: R[83]=1 ;

/POS

P[1]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 5.930 mm, Y = 16.604 mm, Z = 79.858 mm,

```
W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.606 deg

};

P[2]{
  GP1:
    UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
    X = 5.935 mm, Y = 16.605 mm, Z = 19.000 mm,
    W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.605 deg
};

P[4]{
  GP1:
    UF : 3, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
    X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z = 271.121 mm,
    W = 178.540 deg, P = .006 deg, R = -90.356 deg
};

/END
```

/PROG N_PR_29

```
1: UFRAME_NUM=3 ;
2: J P[4] 100% FINE ;
3: ;
4: UFRAME_NUM=4 ;
5: PR[29,1]=PR[29,1]+R[3]+3.5 ;
6: PR[29,2]=PR[29,2]+R[4] ;
7: ;
8: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[29] ;
9: L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[29] ;
10: CALL GR2_CL ;
```

11:L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[29] ;

12: R[5]=R[5]-R[1]-3.5 ;

13: R[168]=1 ;

14: R[84]=1 ;

/POS

P[1]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',

X = 5.930 mm, Y = 16.604 mm, Z = 79.858 mm,

W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.606 deg

};

P[2]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',

X = 5.935 mm, Y = 16.605 mm, Z = 19.000 mm,

W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.605 deg

};

P[4]{

GP1:

UF : 3, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',

X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z = 271.121 mm,

W = 178.540 deg, P = .006 deg, R = -90.356 deg

};

/END

/PROG N_PR10

```
1: IF R[1]<R[21] AND R[2]<R[22] AND R[80]=0 AND R[21]<97,CALL N_PR_21 ;
2: IF R[1]<R[23] AND R[2]<R[24] AND R[81]=0 AND R[23]<97,CALL N_PR_23 ;
3: IF R[1]<R[25] AND R[2]<R[26] AND R[82]=0 AND R[25]<97,CALL N_PR_25 ;
4: IF R[1]<R[27] AND R[2]<R[28] AND R[83]=0 AND R[27]<97,CALL N_PR_27 ;
5: IF R[1]<R[29] AND R[2]<R[30] AND R[84]=0 AND R[29]<97,CALL N_PR_29 ;
```

```
/POS
```

```
/END
```

/PROG N_PR1

```
1: CALL PALLET_PLACEMENT ;
2: R[168]=1 ;
```

```
/POS
```

```
/END
```

/PROG PALLET_PLACEMENT

```
1: IF R[169]=1,JMP LBL[169] ;
2: UFRAME_NUM=3 ;
3: J P[4] 100% FINE ;
4: LBL[169] ;
5: R[169]=0 ;
6: ;
7: UFRAME_NUM=4 ;
8: R[3]=R[5]-R[3] ;
9: ;
```

```
10: PR[1,1: ]=R[3] ;
11: PR[1,2: ]=R[7]+R[4] ;
12: PR[1,6: ]=1.5 ;
13: ;
14:L P[1] 2000mm/sec FINE Offset,PR[1: ] ;
15:L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[1: ] ;
16: CALL GR2_CL ;
17:L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[1: ] ;
```

/POS

P[1]{

GP1:

```
UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X =  5.930 mm,   Y =  16.604 mm,   Z =  79.858 mm,
W =  179.739 deg, P =  -.754 deg,   R =  -91.606 deg
```

};

P[2]{

GP1:

```
UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X =  5.935 mm,   Y =  16.605 mm,   Z =  19.000 mm,
W =  179.739 deg, P =  -.754 deg,   R =  -91.605 deg
```

};

P[4]{

GP1:

```
UF : 3, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z =  271.121 mm,
W =  178.540 deg, P =  .006 deg,   R =  -90.356 deg
```

};

/END

/PROG N_PR3

1: CALL PALLET_PLACEMENT ;

2: R[168]=1 ;

/POS

/END

/PROG N_PR4

1: CALL PALLET_BUFFER_PLACEMENT ;

2: R[168]=1 ;

/POS

/END

/PROG N_PR5

1: CALL REM_REM_AREA ;

2: CALL NEW_ROW ;

3: CALL PALLET_PLACEMENT ;

4: IF R[167]=1 AND R[198]>0,CALL N_BUFFER2PALLET_L ;

5: R[168]=1 ;

/POS

/END

/PROG REM_REM_AREA

1: R[100]=R[100]+2 ;
2: R[101]=R[101]+2 ;
3: R[R[100]]=R[10] ;
4: R[R[101]]=R[6] ;
5: PR[R[100],1]=R[5]-R[1]-3.5 ;
6: PR[R[100],2]=R[7] ;
7: PR[R[100],3]=R[9] ;

/POS

/END

/PROG NEW_ROW

1: R[5]=R[1]+3.5 ;
2: R[7]=R[7]+R[6]+4 ;
3: R[8]=R[7]+R[2] ;
4: R[6]=R[2] ;
5: R[189]=R[189]+1 ;
6: ;
7: IF R[8]<120,JMP LBL[505] ;
8: ;
9: IF R[198]>0,CALL PALLET_BUFFER_VISION_L ;
10: R[50]=120-R[7] ;
11: R[102]=R[102]+1 ;
12: R[R[102]]=R[50] ;
13: PR[R[102],2]=R[7] ;
14: PR[R[102],3]=R[9] ;
15: ;

```
16: R[9]=R[9]+23 ;
17: PR[1,3: ]=R[9] ;
18: ;
19: R[188]=R[7] ;
20: R[7]=0 ;
21: R[8]=0 ;
22: R[189]=0 ;
23: R[167]=1 ;
24: LBL[505] ;
/POS
/END
```

/PROG PALLET_BUFFER_VISION_L

```
1: UFRAME_NUM=5 ;
2: J P[1] 100% FINE ;
3: VISION RUN_FIND 'SIMIC_BUFFER_L' ;
4: VISION GET_OFFSET 'SIMIC_BUFFER_L' VR[3] JMP LBL[1] ;
5: R[15]=VR[3].MES[1] ;
6: R[16]=VR[3].MES[2] ;
7: R[17]=R[15]/2 ;
8: R[18]=R[16]/2 ;
9: ;
10: R[169]=1 ;
/POS
P[1]{
  GP1:
    UF : 5, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
```

X = 147.513 mm, Y = -16.453 mm, Z = 314.340 mm,
W = 179.685 deg, P = -.121 deg, R = 88.879 deg
};
/END

/PROG N_BUFFER2PALLET_L

1: IF R[16]<R[51] AND R[90]=0,CALL N_PR_51 ;
2: IF R[16]<R[52] AND R[91]=0 AND R[198]>0,CALL N_PR_52 ;
/POS
/END

/PROG N_PR_51

1: UFRAME_NUM=5 ;
2: J P[5] 100% FINE VOFFSET,VR[3] ;
3: L P[6] 500mm/sec FINE VOFFSET,VR[3] ;
4: CALL GR2_OP ;
5: L P[5] 1000mm/sec FINE VOFFSET,VR[3] ;
6: ;
7: UFRAME_NUM=3 ;
8: J P[4] 100% FINE ;
9: ;
10: UFRAME_NUM=4 ;
11: PR[51,1]=PR[51,1]+R[17]+3.5 ;
12: PR[51,2]=PR[51,2]+R[18] ;
13: ;

14:L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[51] ;

15:L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[51] ;

16: CALL GR2_CL ;

17:L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[51] ;

18: R[198]=R[198]-1 ;

19: R[168]=1 ;

20: R[90]=1 ;

21: R[167]=0 ;

/POS

P[1]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',

X = 5.930 mm, Y = 16.604 mm, Z = 79.858 mm,

W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.606 deg

};

P[2]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',

X = 5.935 mm, Y = 16.605 mm, Z = 19.000 mm,

W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.605 deg

};

P[4]{

GP1:

UF : 3, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',

X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z = 271.121 mm,

W = 178.540 deg, P = .006 deg, R = -90.356 deg

};

P[5]{

GP1:

```
UF : 5, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 123.752 mm,  Y = 102.932 mm,  Z = 86.179 mm,
W = 179.680 deg,  P = -.120 deg,   R = 88.877 deg
};
P[6]{
  GP1:
    UF : 5, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
    X = 123.753 mm,  Y = 102.951 mm,  Z = 25.238 mm,
    W = 179.681 deg,  P = -.121 deg,   R = 88.876 deg
};
/END
```

/PROG N_PR_52

```
1: UFRAME_NUM=3 ;
2: J P[4] 100% FINE ;
3: ;
4: UFRAME_NUM=5 ;
5: J P[5] 100% FINE VOFFSET,VR[3] ;
6: L P[6] 500mm/sec FINE VOFFSET,VR[3] ;
7: CALL GR2_OP ;
8: L P[5] 1000mm/sec FINE VOFFSET,VR[3] ;
9: ;
10: UFRAME_NUM=4 ;
11: PR[52,1]=PR[52,1]+R[17]+3.5 ;
12: PR[52,2]=PR[52,2]+R[18] ;
13: ;
14: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[52] ;
```

15:L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[52] ;

16: CALL GR2_CL ;

17:L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[52] ;

18: R[198]=R[198]-1 ;

19: R[168]=1 ;

20: R[91]=1 ;

21: R[167]=0 ;

/POS

P[1]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',

X = 5.930 mm, Y = 16.604 mm, Z = 79.858 mm,

W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.606 deg

};

P[2]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',

X = 5.935 mm, Y = 16.605 mm, Z = 19.000 mm,

W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.605 deg

};

P[4]{

GP1:

UF : 3, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',

X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z = 271.121 mm,

W = 178.540 deg, P = .006 deg, R = -90.356 deg

};

P[5]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',

```
X = 123.752 mm, Y = 102.932 mm, Z = 86.179 mm,  
W = 179.680 deg, P = -.120 deg, R = 88.877 deg  
};  
P[6]{  
  GP1:  
    UF : 5, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',  
    X = 123.753 mm, Y = 102.951 mm, Z = 25.238 mm,  
    W = 179.681 deg, P = -.121 deg, R = 88.876 deg  
};  
/END
```

/PROG N_PR2

```
1: CALL REM_REM_AREA ;  
2: CALL PALLET_BUFFER_VISION_S_NEW ;  
3: CALL NEW_ROW ;  
4: CALL PALLET_PLACEMENT ;  
5: CALL N_BUFFER2PALLET ;  
6: IF R[167]=1 AND R[198]>0,CALL N_BUFFER2PALLET_L ;  
7: R[168]=1 ;  
/POS  
/END
```

/PROG PALLET_BUFFER_VISION_S_NEW

```
1: UFRAME_NUM=5 ;
2: J P[1] 100% FINE ;
3: VISION RUN_FIND 'SIMIC_BUFFER_S' ;
4: VISION GET_OFFSET 'SIMIC_BUFFER_S' VR[2] JMP LBL[1] ;
5: R[11]=VR[2].MES[1] ;
6: R[12]=VR[2].MES[2] ;
7: R[13]=R[11]/2 ;
8: R[14]=R[12]/2 ;
9: ;
10: R[169]=1 ;
11: LBL[1] ;
```

/POS

P[1]{

GP1:

```
UF : 5, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 147.505 mm, Y = -16.504 mm, Z = 314.356 mm,
W = 179.686 deg, P = -.121 deg, R = 88.882 deg
```

};

/END

/PROG N_BUFFER2PALLET

```
1: IF R[11]<R[21] AND R[12]<R[22] AND R[80]=0,CALL N_PR_22 ;
2: IF R[11]<R[23] AND R[12]<R[24] AND R[81]=0 AND R[197]>0,CALL N_PR_24 ;
3: IF R[11]<R[25] AND R[12]<R[26] AND R[82]=0 AND R[197]>0,CALL N_PR_26 ;
4: IF R[11]<R[27] AND R[12]<R[28] AND R[83]=0 AND R[197]>0,CALL N_PR_28 ;
5: IF R[11]<R[29] AND R[12]<R[30] AND R[84]=0 AND R[197]>0,CALL N_PR_30 ;
/POS
/END
```

/PROG N_PR_22

```
1: UFRAME_NUM=5 ;
2: J P[5] 100% FINE VOFFSET,VR[2] ;
3: L P[6] 500mm/sec FINE VOFFSET,VR[2] ;
4: CALL GR2_OP ;
5: L P[5] 1000mm/sec FINE VOFFSET,VR[2] ;
6: ;
7: UFRAME_NUM=3 ;
8: J P[4] 100% FINE ;
9: ;
10: UFRAME_NUM=4 ;
11: PR[21,1]=PR[21,1]+R[13]+3.5 ;
12: PR[21,2]=PR[21,2]+R[14] ;
13: ;
14: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[21] ;
15: L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[21] ;
16: CALL GR2_CL ;
17: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[21] ;
18: R[197]=R[197]-1 ;
19: R[168]=1 ;
20: R[80]=1 ;
```

/POS

P[1]{

GP1:

```
UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X =  5.930 mm,   Y =  16.604 mm,   Z =  79.858 mm,
W =  179.739 deg, P =  -.754 deg,   R =  -91.606 deg
```

};

P[2]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 5.935 mm, Y = 16.605 mm, Z = 19.000 mm,
W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.605 deg

};

P[4]{

GP1:

UF : 3, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z = 271.121 mm,
W = 178.540 deg, P = .006 deg, R = -90.356 deg

};

P[5]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 57.460 mm, Y = 81.693 mm, Z = 92.653 mm,
W = 179.683 deg, P = -.116 deg, R = 88.884 deg

};

P[6]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 57.469 mm, Y = 81.778 mm, Z = 24.023 mm,
W = 179.684 deg, P = -.117 deg, R = 88.880 deg

};

/END

/PROG N_PR_24

```
1: UFRAME_NUM=5 ;
2: J P[5] 100% FINE VOFFSET,VR[2] ;
3: L P[6] 500mm/sec FINE VOFFSET,VR[2] ;
4: CALL GR2_OP ;
5: L P[5] 1000mm/sec FINE VOFFSET,VR[2] ;
6: ;
7: UFRAME_NUM=3 ;
8: J P[4] 100% FINE ;
9: ;
10: UFRAME_NUM=4 ;
11: PR[23,1]=PR[23,1]+R[13]+3.5 ;
12: PR[23,2]=PR[23,2]+R[14] ;
13: ;
14: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[23] ;
15: L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[23] ;
16: CALL GR2_CL ;
17: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[23] ;
18: R[197]=R[197]-1 ;
19: R[168]=1 ;
20: R[81]=1 ;
```

/POS

P[1]{

GP1:

```
UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X =  5.930 mm,   Y =  16.604 mm,   Z =  79.858 mm,
W =  179.739 deg, P =  -.754 deg,   R =  -91.606 deg
```

};

P[2]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 5.935 mm, Y = 16.605 mm, Z = 19.000 mm,
W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.605 deg

};

P[4]{

GP1:

UF : 3, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z = 271.121 mm,
W = 178.540 deg, P = .006 deg, R = -90.356 deg

};

P[5]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 57.460 mm, Y = 81.693 mm, Z = 92.653 mm,
W = 179.683 deg, P = -.116 deg, R = 88.884 deg

};

P[6]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 57.469 mm, Y = 81.778 mm, Z = 24.023 mm,
W = 179.684 deg, P = -.117 deg, R = 88.880 deg

};

/END

/PROG N_PR_26

```
1: UFRAME_NUM=5 ;
2: J P[5] 100% FINE VOFFSET,VR[2] ;
3: L P[6] 500mm/sec FINE VOFFSET,VR[2] ;
4: CALL GR2_OP ;
5: L P[5] 1000mm/sec FINE VOFFSET,VR[2] ;
6: ;
7: UFRAME_NUM=3 ;
8: J P[4] 100% FINE ;
9: ;
10: UFRAME_NUM=4 ;
11: PR[25,1]=PR[25,1]+R[13]+3.5 ;
12: PR[25,2]=PR[25,2]+R[14] ;
13: ;
14: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[25] ;
15: L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[25] ;
16: CALL GR2_CL ;
17: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[25] ;
18: R[197]=R[197]-1 ;
19: R[168]=1 ;
20: R[82]=1 ;
```

/POS

P[1]{

GP1:

```
UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X =  5.930 mm,   Y =  16.604 mm,   Z =  79.858 mm,
W =  179.739 deg, P =  -.754 deg,   R =  -91.606 deg
```

};

P[2]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 5.935 mm, Y = 16.605 mm, Z = 19.000 mm,
W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.605 deg

};

P[4]{

GP1:

UF : 3, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z = 271.121 mm,
W = 178.540 deg, P = .006 deg, R = -90.356 deg

};

P[5]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 57.460 mm, Y = 81.693 mm, Z = 92.653 mm,
W = 179.683 deg, P = -.116 deg, R = 88.884 deg

};

P[6]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 57.469 mm, Y = 81.778 mm, Z = 24.023 mm,
W = 179.684 deg, P = -.117 deg, R = 88.880 deg

};

/END

/PROG N_PR_28

```
1: UFRAME_NUM=5 ;
2: J P[5] 100% FINE VOFFSET,VR[2] ;
3: L P[6] 500mm/sec FINE VOFFSET,VR[2] ;
4: CALL GR2_OP ;
5: L P[5] 1000mm/sec FINE VOFFSET,VR[2] ;
6: ;
7: UFRAME_NUM=3 ;
8: J P[4] 100% FINE ;
9: ;
10: UFRAME_NUM=4 ;
11: PR[27,1]=PR[27,1]+R[13]+3.5 ;
12: PR[27,2]=PR[27,2]+R[14] ;
13: ;
14: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[27] ;
15: L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[27] ;
16: CALL GR2_CL ;
17: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[27] ;
18: R[197]=R[197]-1 ;
19: R[168]=1 ;
20: R[83]=1 ;
```

/POS

P[1]{

GP1:

```
UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X =  5.930 mm,   Y =  16.604 mm,   Z =  79.858 mm,
W =  179.739 deg, P =  -.754 deg,   R =  -91.606 deg
```

};

P[2]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 5.935 mm, Y = 16.605 mm, Z = 19.000 mm,
W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.605 deg

};

P[4]{

GP1:

UF : 3, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z = 271.121 mm,
W = 178.540 deg, P = .006 deg, R = -90.356 deg

};

P[5]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 57.460 mm, Y = 81.693 mm, Z = 92.653 mm,
W = 179.683 deg, P = -.116 deg, R = 88.884 deg

};

P[6]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 57.469 mm, Y = 81.778 mm, Z = 24.023 mm,
W = 179.684 deg, P = -.117 deg, R = 88.880 deg

};

/END

/PROG N_PR_30

```
1: UFRAME_NUM=5 ;
2: J P[5] 100% FINE VOFFSET,VR[2] ;
3: L P[6] 500mm/sec FINE VOFFSET,VR[2] ;
4: CALL GR2_OP ;
5: L P[5] 1000mm/sec FINE VOFFSET,VR[2] ;
6: ;
7: UFRAME_NUM=3 ;
8: J P[4] 100% FINE ;
9: ;
10: UFRAME_NUM=4 ;
11: PR[29,1]=PR[29,1]+R[13]+3.5 ;
12: PR[29,2]=PR[29,2]+R[14] ;
13: ;
14: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[29] ;
15: L P[2] 300mm/sec FINE Offset,PR[29] ;
16: CALL GR2_CL ;
17: L P[1] 1500mm/sec FINE Offset,PR[29] ;
18: R[197]=R[197]-1 ;
19: R[168]=1 ;
20: R[84]=1 ;
```

/POS

P[1]{

GP1:

```
UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X =  5.930 mm,   Y =  16.604 mm,   Z =  79.858 mm,
W =  179.739 deg, P =  -.754 deg,   R =  -91.606 deg
```

};

P[2]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 5.935 mm, Y = 16.605 mm, Z = 19.000 mm,
W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.605 deg

};

P[4]{

GP1:

UF : 3, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = -127.863 mm, Y = -331.766 mm, Z = 271.121 mm,
W = 178.540 deg, P = .006 deg, R = -90.356 deg

};

P[5]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 57.460 mm, Y = 81.693 mm, Z = 92.653 mm,
W = 179.683 deg, P = -.116 deg, R = 88.884 deg

};

P[6]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 57.469 mm, Y = 81.778 mm, Z = 24.023 mm,
W = 179.684 deg, P = -.117 deg, R = 88.880 deg

};

/END

/PROG N_PR6

- 1: CALL REM_REM_AREA ;
- 2: CALL PALLET_BUFFER_PLACEMENT ;
- 3: R[168]=1 ;

/POS

/END

/PROG N_PR7

- 1: CALL REM_REM_AREA ;
- 2: CALL PALLET_BUFFER_VISION_S_NEW ;
- 3: R[169]=0 ;
- 4: CALL PALLET_BUFFER_PLACEMENT ;
- 5: CALL N_BUFFER2PALLET ;
- 6: R[168]=1 ;

/POS

/END

/PROG N_BUFFER_LAST_S

- 1: CALL N_BUFFER_VISION_LAST_S ;

/POS

/END

/PROG N_BUFFER_VISION_LAST_S

```
1: UFRAME_NUM=5 ;
2: J P[1] 100% FINE ;
3: VISION RUN_FIND 'SIMIC_BUFFER_S' ;
4: VISION GET_OFFSET 'SIMIC_BUFFER_S' VR[2] JMP LBL[1] ;
5: R[1]=VR[2].MES[1] ;
6: R[2]=VR[2].MES[2] ;
7: R[3]=R[1]/2 ;
8: R[4]=R[2]/2 ;
9: R[5]=R[5]+R[1]+3.5 ;
10: ;
11: IF R[5]<220,JMP LBL[777] ;
12: R[5]=R[1]+3.5 ;
13: R[7]=R[7]+R[6]+4 ;
14: R[8]=R[7]+R[2] ;
15: ;
16: IF R[8]<120,JMP LBL[778] ;
17: R[9]=R[9]+23 ;
18: PR[1,3: ]=R[9] ;
19: R[7]=0 ;
20: R[8]=0 ;
21: LBL[778] ;
22: LBL[777] ;
23: R[169]=1 ;
24: ;
25: J P[5] 100% FINE VOFFSET,VR[2] ;
26: L P[6] 500mm/sec FINE VOFFSET,VR[2] ;
27: CALL GR2_OP ;
28: L P[5] 1000mm/sec FINE VOFFSET,VR[2] ;
```

```
29: ;
30: UFRAME_NUM=4 ;
31: R[3]=R[5]-R[3] ;
32: ;
33: PR[1,1: ]=R[3] ;
34: PR[1,2: ]=R[7]+R[4] ;
35: PR[1,6: ]=1.5 ;
36: ;
37: J P[2] 100% FINE Offset,PR[1: ] ;
38: L P[3] 300mm/sec FINE Offset,PR[1: ] ;
39: CALL GR2_CL ;
40: L P[2] 1500mm/sec FINE Offset,PR[1: ] ;
41: ;
42: R[197]=R[197]-1 ;
/POS
P[1]{
  GP1:
    UF : 5, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
    X = 147.505 mm,  Y = -16.504 mm,  Z = 314.356 mm,
    W = 179.686 deg,  P = -.121 deg,   R = 88.882 deg
};
P[2]{
  GP1:
    UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
    X = 5.930 mm,  Y = 16.604 mm,  Z = 79.858 mm,
    W = 179.739 deg,  P = -.754 deg,   R = -91.606 deg
};
```

P[3]{

GP1:

UF : 4, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 5.935 mm, Y = 16.605 mm, Z = 19.000 mm,
W = 179.739 deg, P = -.754 deg, R = -91.605 deg

};

P[5]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 57.460 mm, Y = 81.693 mm, Z = 92.653 mm,
W = 179.683 deg, P = -.116 deg, R = 88.884 deg

};

P[6]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',
X = 57.469 mm, Y = 81.778 mm, Z = 24.023 mm,
W = 179.684 deg, P = -.117 deg, R = 88.880 deg

};

/END

/PROG N_BUFFER_LAST_L

1: UFRAME_NUM=5 ;
2: J P[1] 100% FINE ;
3: VISION RUN_FIND 'SIMIC_BUFFER_L' ;
4: VISION GET_OFFSET 'SIMIC_BUFFER_L' VR[3] JMP LBL[1] ;
5: R[1]=VR[3].MES[1] ;
6: R[2]=VR[3].MES[2] ;

7: R[3]=R[1]/2 ;
8: R[4]=R[2]/2 ;
9: R[5]=R[5]+R[1]+3.5 ;
10: ;
11: IF R[5]<220,JMP LBL[777] ;
12: R[5]=R[1]+3.5 ;
13: R[7]=R[7]+R[6]+4 ;
14: R[8]=R[7]+R[2] ;
15: ;
16: IF R[8]<120,JMP LBL[778] ;
17: R[9]=R[9]+23 ;
18: PR[1,3:]=R[9] ;
19: R[7]=0 ;
20: R[8]=0 ;
21: LBL[778] ;
22: LBL[777] ;
23: R[169]=1 ;
24: ;
25: J P[5] 100% FINE VOFFSET,VR[3] ;
26: L P[6] 500mm/sec FINE VOFFSET,VR[3] ;
27: CALL GR2_OP ;
28: L P[5] 1000mm/sec FINE VOFFSET,VR[3] ;
29: ;
30: UFRAME_NUM=4 ;
31: R[3]=R[5]-R[3] ;
32: ;
33: PR[1,1:]=R[3] ;
34: PR[1,2:]=R[7]+R[4] ;
35: PR[1,6:]=1.5 ;

```
36: ;  
37:J P[2] 100% FINE Offset,PR[1:] ;  
38:L P[3] 300mm/sec FINE Offset,PR[1:] ;  
39: CALL GR2_CL ;  
40:L P[2] 1500mm/sec FINE Offset,PR[1:] ;  
41: ;  
42: R[198]=R[198]-1 ;
```

/POS

P[1]{

GP1:

```
UF : 5, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',  
X = 147.505 mm,  Y = -16.504 mm,  Z = 314.356 mm,  
W = 179.686 deg,  P = -.121 deg,   R = 88.882 deg
```

};

P[2]{

GP1:

```
UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',  
X = 5.930 mm,   Y = 16.604 mm,  Z = 79.858 mm,  
W = 179.739 deg,  P = -.754 deg,   R = -91.606 deg
```

};

P[3]{

GP1:

```
UF : 4, UT : 4,          CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',  
X = 5.935 mm,   Y = 16.605 mm,  Z = 19.000 mm,  
W = 179.739 deg,  P = -.754 deg,   R = -91.605 deg
```

};

P[5]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',

X = 123.752 mm, Y = 102.932 mm, Z = 86.179 mm,

W = 179.680 deg, P = -.120 deg, R = 88.877 deg

};

P[6]{

GP1:

UF : 5, UT : 4, CONFIG : 'N U T, 0, 0, 0',

X = 123.753 mm, Y = 102.951 mm, Z = 25.238 mm,

W = 179.681 deg, P = -.121 deg, R = 88.876 deg

};

/END